







المركز العربي  
للتدريب والترجمة والتأليف والنشر

المنظمة العربية  
للتربية والثقافة والعلوم

مواد البناء واختباراتها  
شروح ومسائل وتمارين



# مواد البناء واختباراتها

شروح ومسائل وتمارين

الدكتور المهندس

أسامة صالح ميرو

مراجعة

أ.د. محمد راتب سطات

2002

دمشق

مواد البناء واختباراتها — شروح ومسائل وتمارين

تأليف: د. أسامة صالح ميرو

المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق

ص.ب: 3752 — دمشق — الجمهورية العربية السورية

هاتف: 3330998 + 963 11 3334876 — فاكس:

E-mail: [acatap@net.sy](mailto:acatap@net.sy)

Web Site: [www.acatap.htmlplanet.com](http://www.acatap.htmlplanet.com)

جميع حقوق النشر والطبع محفوظة

## الفهرس

VII	تقديم .....
IX	مدخل ومقدمة .....
1	البحث الأول: الخواص العامة لمواد البناء .....
7	1.1 الكثافة والمسامية .....
23	1.2 الخواص الهيدروفيزيائية .....
33	1.3 الخواص الفيزيولوجية حرارية للمواد .....
39	1.4 خواص فيزيائية وهندسية عامة .....
53	1.5 خواص المتانة .....
69	1.6 خواص التشوه .....
79	البحث الثاني: الأحجار الطبيعية والمواد السيراميكية .....
	البحث الثالث: المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية)
99	الجبس - الكلس - الاسمنت .....
127	البحث الرابع: مركبات المونة والبيتون .....
130	1.4 الحصويات .....
164	2.4 البيتون .....
186	3.4 الخلطة الببتونية .....
198	4.4 تصلب البيتون .....
200	4.5 خواص البيتون .....
205	4.6 الاقتصاد في الاسمنت .....
213	البحث الخامس: المواد الخشبية .....

233	..... البحث السادس: المواد المعدنية المستعملة في البناء
	البحث السابع: مواد البناء المحضرة على أساس المواد الرابطة العضوية
245	..... البيتومين الاسفلتي - البولييمرات (البلاستيك) - الدهانات ....
255	..... الأجوبة
261	..... المراجع



## تقديم

يمكن القول أن الأمان مطلوب جداً في المنشآت الهندسية جميعها كالسيارة والطيارة والقطار وغيرها، ولكنه مطلوب بدرجة أكبر في المباني، لأن الوقت الذي تمضيه في المباني يزيد كثيراً على الوقت الذي تمضيه في المنشآت الهندسية الأخرى. وبالرغم من أن المباني هي في المحصلة منشآت هندسية كالسيارة والطيارة، إلا أن الناس يمكن أن تفهم وتتقبل حصول حوادث في السيارات، لكنها لا يمكن أن تفهم أو تتقبل حصول حوادث في المباني.

تشكل صناعة البناء إحدى أهم الصناعات في العالم، وإن الأموال المستثمرة في هذه الصناعة تشكل نسبة كبرى من الدخل القومي لجميع البلدان، وخاصة لبلدان العالم الثالث التي تعد سورية وبقية البلدان العربية من بينها، بسبب الزيادات الكبيرة في السكان وضرورة تعويض النقص في الخدمات. إن التوفير ولو بنسبة بسيطة في صناعة البناء تعني توفيراً لمبالغ كبيرة على المستوى العام.

إن مفتاح الوصول للأمان والاقتصاد في المباني هي مواد البناء. ولا بد من أجل تحقيق مثانة واقتصادية المباني والمنشآت من فهم خواص مواد البناء المتوفرة، والاختبارات اللازمة للتحقق من جودة هذه الخواص.

لقد كانت مواد البناء المتوفرة قديماً محدودة جداً (إذ لم تعدد الحجر والطين والخشب ثم الحديد) وخواصها معروفة للعاملين في مهنة البناء من طول الممارسة. أما الآن، فقد تعددت هذه المواد كثيراً، وهناك مواد جديدة تظهر باستمرار، كما تنوعت مواصفات المواد لدرجة أصبح فيها من الصعب التمييز بينها، مما جعل اختبارات مواد البناء ضرورية للتمييز بين المواد الجيدة التي تحقق المواصفات المطلوبة، والمواد الرديئة التي لا تحققها.

هذا وتفتقر المكتبة العربية إلى كتب علمية متخصصة تعالج موضوع مواد البناء، ومن هنا يأتي كتاب مواد البناء واختباراتها للزميل الدكتور أسامة ميرو محاولاً سد الثغرة، حيث يعالج بعمق وتفصيل موضوع مواد البناء. وقد اتبع الزميل في هذا الكتاب أسلوباً جيداً، فهو يبدأ

بشرح موجز للخاصية التي يود دراستها، ثم يتقدم بأمثلة محلولة بالتفصيل، وينتهي بمسائل على الموضوع ذاته ليتم حلها من قبل القارئ، ويعطي أجوبة هذه المسائل ليتم التحقق من صحة الحل.

يفيد هذا الكتاب طلاب الهندسة المدنية والمعمارية، إضافة للمهندسين الممارسين العاملين في تنفيذ المباني.

أخيراً لا يسعني إلا أن أشكر الزميل الدكتور أسامة مبرو على هذا العمل، وكلي أمل أن يقوم الزملاء بالمشاركة في إغناء المكتبة العربية بأعمال حول المواضيع الهندسية المختلفة.

دمشق في 2002/3/12

الدكتور المهندس أحمد الحسن  
أستاذ ورئيس قسم الهندسة الإنشائية  
في كلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق

## مدخل ومقدمة

لا شك أن مسيرة الحياة بكافة أشكالها لا تتوقف عند عمل ما مهما كان عظيماً، ولما كان علم مواد البناء واختباراتها قد تم قدم الحضارة الإنسانية فإنه أيضاً خاضع وككل العلوم للتطوير والتجديد فقد صنع العرب قبل أكثر من أربعة آلاف عام البيوتون بصورته القديمة، الطين المشوي، بأشعة الشمس، وذلك بين دجلة والفرات بحسب المصادر الغربية وكان ذلك قبل اكتشاف الإسمنت والآن وقد أصبح لازماً للطلاب والمهنيين العربي في كليات الهندسة وفي الورشة والمكتب وأينما كان التسليح بمعرفة نوعية لامتلاك الأرضية المناسبة للقرار الهندسي الصحيح في اختيار مواد البناء وكشف وسر أغوارها وامتلاك أسرارها وخواصها حيث يتميز المهندس الخبير عن غيره بامتلاكه هذه المعارف، فقد أصبحت العلوم الهندسية الحاسوبية وأغلبها مبرجة ومتاحة بالكثير من البساطة. ولكن هذا العلم يحتاج لتماس مباشر واحتكاك ساخن بين المهندس ومواد البناء حيث تتنوع وتختلف وتتصنف وعليها الإلمام والإتقان لتكون ونبقى على المستوى المعرفي والهندسي المطلوب والمأمول.

ومن هنا ومن إحساسنا وبعمق التجربة بضرورة تطوير طرائق تعلم وتعليم هذا المقرر والمقررات القرية أصبح من الضروري والملح ظهور مثل هذا الكتاب العملي المرجعي بطبعته الأولى. فقد اعتاد الوسط الهندسي في أرجاء الوطن العربي التعامل مع مسائل ومشاكل بعينها بصورتها العملية وهذا ما فرض هذا الأسلوب والشكل على الكتاب والذي اعتمد أرقاماً واقعية أو قريبة من الواقع في خواص المواد واستخدماها ليبقى لطيف الأثر وموقعاً وموثلاً مرجحاً للفائدة وحاولنا بعون الله أن يكون كثير التبسيط فليس في التعقيد الشطارة.

جاء هذا الكتاب بصورة مسائل محلولة حاولنا أن يكون شاملاً لكل مواد البناء، وفي محاولة جادة لترسيخ التجربة هناك المسائل التي يتطلب من القارئ حلها، كما يحتوي الكتاب على الجواب النهائي لهذه المسائل أيضاً وذلك من باب المراقبة الذاتية. ويغطي هذا الكتاب

عمفراته منهاج السنة الثانية في كليات الهندسة ومقرر مواد البناء الاختياري للسنوات الأعلى.  
لم يتقيد الكتاب بطبعته الأولى هذه بنورم أو مواصفة بعينها (لأن ذلك يتطلب توسعاً  
كبيراً) وذلك قدر الإمكان ليكون متاحاً للعدد الأكبر من المهتمين.  
وفي عمل قادم قريب إن شاء الله سيتم اعتماد مواصفتين شرقية وغربية لتطبيقات ومساائل  
أكثر اتساعاً وشمولية.  
إن معين الأجداد لا ينضب وسيبقى ذلك الألق المعرفي مقترناً بالعرب لأنها أمة علم وإيمان  
والله ولي التوفيق

المؤلف

د.م.أسامة مبرو

## البحث الأول

### الخواص العامة لمواد البناء

إن البحوث التي يقوم بها المهندسون وغيرهم لتحديد الخواص العامة لمواد البناء تسمح بتقييم صلاحية هذه المواد للاشتراطات التقنية المطلوبة، كما تمكن من الاختيار الصحيح للمواد في ظروف الاستثمار المختلفة. وإن معرفة الخواص العامة للمواد ضرورية وهامة لإجراء الحسابات الهندسية المختلفة، مثل: حساب الحمولات، وتحديد كتل الأبنية، وحساب النقل وتكاليفه. ولاختيار سعة وحجوم المستودعات التخزينية من الضروري معرفة كثافة المواد وأوزانها وحجومها.

ولتقييم مقاومة وثبات المنشآت والتنبؤ بديمومتها لا بد من إجراء حسابات مقاومة المواد وتأثيرها وعلاقتها بالرطوبة والحرارة... الخ.

وعند إجراء هذه الحسابات لا بد من التمكن من استخدام وحدات القياس بمهارة، هذه الوحدات التي تعكس الربط مع منظومات الواحدات الدولية وغيرها.

وفي الجدول (1) والجدول (2) تعطى العلاقات الحسابية لأهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمواد مختلفة.

وفي نظام الوحدات الدولية (SI) الجدول (3) تم اعتماد المتر (m) كوحدة للطول - الكيلو غرام (kg) كوحدة للكتلة - الثانية (sec) كوحدة للزمن - الأميتر (A) وحدة لقوة التيار -  $(K^{\circ})$  درجة كيلفن وحدة للترموديناميك الحراري - (Kd) الكاندل وحدة لقوة الضوء - المول (mol) وحدة لكمية المادة. وأحياناً من الأسهل استخدام مضاعفات الوحدة حيث يتم الضرب بعشرة مرفوعة بالأس المناسب وعندها تحتاج الوحدة لكود إضافي كما هو في الجدول (4).

الجدول (1): العلاقات الحسابية لأهم الخواص الفيزيائية

الخواص العامة	الواحدة	العلاقات الحسابية	شروحات للعلاقة
الوزن النوعي	$\text{kg/m}^3$	$\gamma = m/V$	m كتلة العينة جافة V الحجم المطلق
الوزن الحجمي (الوسطي)	$\text{kg/m}^3$	$\gamma_0 = m/V_1$	V <sub>1</sub> الحجم مع المسامات والفراغات
الوزن الحجمي الردمي	$\text{kg/m}^3$	$\gamma = m/V_N$	V <sub>N</sub> حجم المادة في الحالة الردمية
المسامية	%	$P = (1 - \gamma_0/\gamma)100$	
الرطوبة	%	$W = \frac{m_w - m}{m}100$	m <sub>w</sub> كتلة المادة الرطبة
درجة امتصاص الرطوبة	%	$W_H = \frac{m_H - m}{m}100$	m <sub>H</sub> كتلة المادة بعد توازنها من حيث الرطوبة مع الوسط المحيط الرطب بنسبة 100%.
درجة امتصاص الماء لكتلة ما وزناً	%	$W_m = \frac{m_m - m}{m}100$	m <sub>m</sub> كتلة المادة المشبعة بالماء
درجة امتصاص الماء لكتلة ما حجماً	%	$W_v = \frac{m_m - m}{V}100$	V حجم المادة. m <sub>m</sub> كتلة المادة بعد توازنها من حيث الرطوبة.
معامل الفاترة	م/سا	$K_F = \frac{V_w \delta}{S \Delta P \tau}$	V <sub>w</sub> حجم الماء المار δ سماكة الجدار S مساحة الجدار ΔP فرق الضغط الهيدروستاتيكي على حدود الجدار مم - عمود - ماء τ الزمن بالساعة

$V_B$ حجم البخار ذي الكثافة $\gamma$ والمار عبر الجدار $\Delta P_B$ فرق ضغط البخار على حدود الجدار Pa باسكال	$M = \frac{V_B \gamma \delta}{S \tau \Delta P_B}$	g/(m.h.Pa)	معامل نفاذية البخار
$f_W$ متانة المادة المشبعة بالماء $F$ متانة المادة الجافة	$K_R = f_W / F$	-	معامل التطرية
$Q$ كمية الحرارة - جول $t_1$ درجة حرارة السطح الساخن للعينة $t_2$ درجة حرارة السطح البارد للعينة $\tau$ الزمن بالساعة $w_t$ واط	$\lambda = \frac{Q \delta}{S(t_1 - t_2) \tau}$	$wt / (m \cdot C^\circ)$ حرة مدرجة	عامل الناقلية الحرارية
	$f_t = \delta / \lambda$	$m^2 \cdot C^\circ / wt$	المقاومة الحرارية
	$C = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)}$	$kdG / (kg \cdot C^\circ)$	عامل السعة الحرارية النوعية
	$\alpha = \lambda / C \gamma_0$	$m^2 / h$	تحرير الحرارة
$L_0$ الطول البدائي للعينة $L_1$ طول العينة بعد التسخين	$\alpha = \frac{L_1 - L_0}{L_0(L_1 - L_2)}$	-	معامل التمدد الخطي الحراري

## الجدول (2): العلاقات الحسابية لأهم الخواص الميكانيكية

الخواص	الوحدة	العلاقة الحسابية	شروحات للعلاقة
حد المقاومة	MPa	$\bar{F} = F/S$	$F$ الحمولة عند الانكسار $S$ مساحة مقطع العينة المختبرة
القساوة بطريقة برينيل	MPa	$HB = \frac{2F_H}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	$F_H$ الحمولة على الكرة الفولاذية النموذج. $D$ قطر الكرة الفولاذية

d قطر الأثر الذي تتركه الكرة الفولاذية			
m كتلة العينة قبل الاهتراء (gr) m <sub>1</sub> كتلة العينة بعد الاهتراء (gr) S مساحة الاهتراء (cm <sup>2</sup> )	$u = (m - m_1) / S$	gr / cm <sup>2</sup>	الاهتراء
F <sub>K</sub> وزن حلقة الجهاز n تسلسل رقم الطريقة التي تمشم العينة V حجم العينة	$A = \frac{F_K (1 + 2 + 3 + \dots + n)}{V}$	MPa	مقاومة الطرق
L <sub>0</sub> الطول البدائي للعينة (mm) L <sub>1</sub> الطول النهائي للعينة (mm)	$\epsilon_{VS} = (L_0 - L_1) / L_0$	mm/m	الانكماش
$\epsilon_P$ التشوه الكلي $\epsilon_Y$ التشوه المرن	$\epsilon_Z = \epsilon_P - (\epsilon_{VS} - \epsilon_Y)$	mm/m	الزحف
$\sigma$ الإجهاد	$E = \delta_N / \epsilon_Y$	MPa	معامل المرونة
F <sub>t</sub> الحمولة الموافقة لحد السيلان	$\sigma_f = F_t / S$	MPa	حد السيلان

الجدول (3): نظام الواحدات الدولية (SI)

المقدار المقاس	وحدة القياس	الرمز	العلاقة بين نظام SI ونظم القياس الأخرى
1	2	3	4
الطول	متر	m	1m = 10 <sup>2</sup> = 10 <sup>3</sup> mm
الوزن (الكتلة)	كيلوغرام	kg	1 kg = 10 <sup>3</sup> gr
الزمن	ثانية	sec	1sec=2.78*10 <sup>-4</sup> h=1.67*10 <sup>-2</sup> min
قوة التيار الكهربائي	أمبير	a	



	Sv	شمعة	قوة الضوء
$1K^{\circ} = 1C^{\circ} + 273.15$	$K^{\circ}$	درجة كيلفن	الحرارة الترموديناميكية
الوحدات المشتقة			
$1m^2 = 10^4 cm^2$	$m^2$	متر مربع	المساحة
$1m^3 = (10^3/1.000028) (L) \text{ Liter}$	$m^3$	متر مكعب	الحجم
$1 kg/m^3 = 10^{+6} gr/cm^3 = 10^{-3} T/m^3$	$kg/m^3$	كيلو غرام على متر مكعب	الكثافة (الوزن الحجمي)
$1m/sec = 3.6 km/h$	$m/sec$	متر في الثانية	السرعة
$1N = 10^5 diN = 0.102kg,$ $9.81N = 1kg$	N	نيوتن	القوة (وزن)
$1N/m^2 = 0.102kg/m^2 = 1.02 \cdot 10^{-5} at$ $= 1.02 \cdot 10^{-5} kg/cm^2$ $1N/m^2 = 1.02 \cdot 10^{-7} kg/mm^2$	$N/m^2$	نيوتن على المتر المربع	الضغط (إجهاد ميكانيكي)
$1kg/m \cdot sec = 10pwaz$	$N.sec/m^2 =$ $kg/m.sec$	نيوتن- ثانية على المتر المربع	اللزوجة الديناميكية
$1m^2/sec = 10^4 Stocs$	$m^2/sec$	متر مربع على الثانية	اللزوجة الحركية
$1dj = 10^7 Erg = 0.102 kgm; 1dj =$ $0.239 cal = 0.239 \cdot 10^{-3} kcal; 1kcal =$ $4.19 \cdot 10^3 dj.$	dj	جول	العمل، الطاقة، كمية الحرارة
$1wt = 0.102 kg.m/sec; 1Lsec =$ $736wt$	Wt	واط	الاستطاعة
$1dj/grad = 0.000238 kcal/grad;$ $1kcal/grad = 4187 dj/grad$	$dj/grad$	جول على درجة	السعة الحرارية

$1 \text{ dj/kg.grad} = 0.000238 \text{ kcal/kg.grad}$ $1 \text{ kcal/kg.grad} = 4187 \text{ dj/kg.grad}$	$\text{dj/kg.grad}$	جول على كيلو غرام × درجة	السعة الحرارية النوعية
$1 \text{ kcal/m.h.grad} = 1.163 \text{ wt/m.grad}$	$\text{wt/m.grad}$	واط على متر درجة	معامل التبريد الحراري
$1 \text{ wt/m}^2 = 10^3 \text{ erg/cm}^2 \cdot \text{sec}$	$\text{wt/m}^2$	واط على متر مربع	شدة الصوت
$1 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{grad} = 1.163 \text{ wt/m}^2 \cdot \text{grad}$	$\text{wt/m}^2 \cdot \text{grad}$	واط على متر مربع درجة	معامل نقل الحرارة والطرح الحراري والتبادل الحراري
$1 \text{ m}^2/\text{sec} = 10^2 \text{ cm}^2/\text{sec}$	$\text{m}^2/\text{sec}$	متر مربع في الثانية	معامل تمرير الحرارة
	$\text{Wt/m}^2 \cdot \text{grad} \cdot \text{K}^4$	واط على متر مربع درجة كيلفن مرفوعة للأس أربعة	معامل إصدار (إطلاق) الأشعة

الجدول (4): التعامل مع الوحدات

الوحدة الأساسية مضروبة بـ:	الرمز	الوحدات الإضافية
$10^{12}$	T	ترا
$10^9$	G	غيغا
$10^6$	M	ميغا
$10^3$	k	كيلو
$10^2$	h	هكتو
$10^1$	da	ديكا
$10^{-1}$	d	ديسي

10 <sup>-2</sup>	c	سانتي
10 <sup>-3</sup>	m	ميلي
10 <sup>-6</sup>	μ	ميكرو
10 <sup>-9</sup>	n	نانو
10 <sup>-12</sup>	p	بيكو
10 <sup>-15</sup>	f	فيمتو
10 <sup>-18</sup>	a	آتو

## 1.1 الكثافة والمسامية

**الكثافة:** هي خاصية المواد التي تميز العلاقة الكمية لكتلة المواد منسوبة إلى حجمها وللمواد المسامية والرديمة (بحص - رمل - حبوب ... إلخ) وكذلك للمواد غير المتجانسة تعرف الكثافة الحقيقية (الوزن النوعي) وتعرف الكثافة الوسطية (الوزن الحجمي). حيث يتم تحديد الوزن النوعي  $gr/cm^3$  للمواد الصلبة ذات المسامات بطريقة البيكونومتر الذي يؤمن طرد الهواء والغازات من مسامات المادة وفراغاتها وذلك بطريقة الطحن وزيادة السطح النوعي للمادة والتسخين للغليان أو بالتفريغ من الهواء بالفاكيوم.

ويمكن تحديد الوزن الحجمي للمواد ذات المسامات وكذلك الوزن النوعي للمواد عديمة المسامات بالطريقة الهيدروستاتيكية التي تعتمد قياس وزن العينة في الهواء ووزنها داخل السائل ذي الكثافة المعروفة مسبقاً المستخدم في التجربة أو من خلال حساب كتلة السائل المزاح بالعينة.

**مسامية المواد P:** تميز حجم الفراغات  $V_p$  في وحدة الحجم للمادة ويتم حساب المسامية الكلية أو المسامية الحقيقية % بالعلاقة:

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) 100$$

حيث:  $\gamma_0$  الوزن الحجمي للمادة.

$\gamma$  الوزن النوعي لها.

ولتحديد المسامية هناك طرق أخرى متعددة ومنها على سبيل المثال تعريض العينة لضغط هيدروليكي كبير لتأمين ملء كافة الفراغات بمائل ملون بطريقة الفاكيوم أو بطريقة الضغط والقياس بواسطة الميكروسكوب.

### مسائل محلولة:

#### المسألة رقم 1:

احسب المساحة الأصغرية المفيدة لمستودع كي يتسع لكمية  $m = 10t$  مادة حبيبية وزنها الحجمي  $\gamma_0 = 1300 \text{ kg/m}^3$ ، إذا علمت أن ارتفاع المادة في المستودع يجب ألا يتجاوز  $h = 1.5 \text{ m}$ .

الحل: نحسب حجم المادة في المستودع:

$$V = m / \gamma_0 = 10000 / 1300 = 7.69 \text{ m}^3$$

مساحة المستودع يجب أن تكون:

$$S = V / h = 7.69 / 1.5 = 5.13 \text{ m}^2$$

#### المسألة رقم 2:

احسب سعة  $V$  - وطول  $L$  - ومساحة  $S$  - مستودع يحص على شكل كومة كبيرة في مجل بيتونسي بحيث تكفي موجودات المستودع من البحص لعمل 10 أيام للمجبل إذا كان استهلاك المعمل يومياً من البحص  $m_d = 600t$ ، ارتفاع الكومة  $h = 4 \text{ m}$ ، زاوية الميل الطبيعي للبحص  $\beta = 35^\circ$ ، الوزن الحجمي الردمي للبحص  $\gamma_0 = 1450 \text{ kg/m}^3$ .

ولحساب سعة مستودع الحصبويات تستخدم عادة العلاقة:

$$V_F = V_d * \tau_x * 1.2 * 1.02$$

حيث:  $V_d$  الاستهلاك أو المصروف اليومي من الحصبويات.

$\tau_x$  معدل التخزين النظامي للمادة.

1.2 معامل توسع فراغات الحصبويات.

1.02 معامل ضياع وتبعثر المادة أثناء النقل والحمل.

الحل:

$$V_d = md/\gamma_0 = 600/1.45 = 413.7 \text{ m}^3$$

$$V_F = 413.7 \cdot 10 \cdot 1.2 \cdot 1.02 = 5063.7 \text{ m}^3$$

طول المستودع على الشكل المقصود والموجود في المجال يمكن حسابه من العلاقة:

$$L = \frac{V_F \cdot \text{tg} \beta}{h^2}$$

حيث  $\beta$  زاوية الميل الطبيعي للمادة في المستودع

$$L = \frac{5063.7 \cdot 0.699}{16} = 221.2 \text{ m}$$

وتحسب مساحة المستودع من العلاقة:

$$S = \frac{2L \cdot h}{\text{tg} \beta} = S = \frac{2 \cdot 221.2 \cdot 4}{0.699} = 2531.6 \text{ m}^2$$

المسألة رقم 3:

يطلب حساب حجم مستودعات التخزين للرمل والبحص للمجبل بيتونسي إذا كانت هذه المستودعات مغلقة وبحيث تؤمن احتياطياً من المواد يكفي لعمل 10 أيام إذا كان الإنتاج اليومي للمجبل من البيتون  $V_d = 500 \text{ m}^3$ ، إذا علمت أن مصروف الرمل والبحص لـ  $1 \text{ m}^3$  من البيتون هو على التوالي: الرمل  $S = 712 \text{ kg/m}^3$  والبحص  $G = 1320 \text{ kg/m}^3$  ومعامل امتلاء المستودعات 0.9، الوزن الحجمي الردمي للرمل  $\gamma_{0S} = 1500 \text{ kg/m}^3$  والوزن الحجمي الردمي للبحص  $\gamma_{0G} = 1400 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: المخزون الاحتياطي النظامي للحصويات:

$$S_Z = V_d \cdot \tau \cdot S = 500 \cdot 10 \cdot 0.712 = 3560 \text{ t} \quad - \text{ للرملة كتلة}$$

$$G_Z = V_d \cdot \tau \cdot G = 500 \cdot 10 \cdot 1.32 = 6600 \text{ t} \quad - \text{ للبحص كتلة}$$

$$V_{SZ} = S_Z / \gamma_{0S} = 3560 / 1.5 = 2380 \text{ m}^3 \quad - \text{ للرملة حجماً}$$

$$V_{GZ} = G_Z / \gamma_{0G} = 6600 / 1.4 = 4360 \text{ m}^3 \quad - \text{ للبحص حجماً}$$

وبالتصحيح، باستخدام معامل امتلاء المستودعات المساوي 0.9 تصبح الحجم اللازمة

لمستودعات الرمل:  $V_{SZ} = 2650 \text{ m}^3$

ولمستودعات البحص  $V_{GZ} = 4840 \text{ m}^3$  وذلك بتقسيم الحجوم تبعاً على 0.9.

المسألة رقم 4:

الوزن الحجمي الردي للرمل الجاف  $\gamma_{OS} = 1500 \text{ kg/m}^3$  عند رطوبة طبيعية مساوية

$\gamma_{OS}^w = 1150 \text{ kg/m}^3$  إلى  $W_s = 5\%$  انخفضت قيمة الوزن الحجمي

يطلب تحديد وحساب التحول في الحجم (الانتفاخ أو التقلص) بالترطيب.

الحل: طريقة أولى: إن طنناً واحداً من الرمل الجاف يشغل حجماً مساوياً لـ

$$V_{sd} = 1/1.5 = 0.66 \text{ m}^3$$

ويشغل طن واحد من الرمل برطوبة 5% حجماً قدره:

$$V_{sw} = 1/1.15 = 0.87 \text{ m}^3$$

ويصبح التحول في الحجم:  $\Delta V = \frac{V_{sw} - V_{sd}}{V_{sd}} 100$

$$\Delta V = \frac{0.87 - 0.66}{0.66} 100 = 37\%$$

طريقة ثانية: كتلة الرمل بعد الترطيب:

$$m_{sw} = \gamma_{OS} \left( 1 + \frac{W_s}{100} \right) = 1500 \left( 1 + \frac{5}{100} \right) = 1575 \text{ kg}$$

حجم الرمل الرطب:

$$V_{sw} = m_s / \gamma_{OS}^w = 1575 / 1150 = 1.37 \text{ m}^3$$

$$\Delta V = V_{sw} - V_s = 1.37 - 1 = 0.37$$

أو 37%

المسألة رقم 5:

يطلب حساب الوزن الحجمي  $\gamma_0$  لقطعة حجر طبيعي ذات شكل غير هندسي إذا

علمت أن وزنها في الهواء  $m_1 = 100 \text{ gr}$  ووزنها داخل الماء  $m_w = 55 \text{ gr}$  وتم برفنة العينة قبل

وزنها بالماء للمحافظة على خواصها (مسامية - رطوبة...) وكانت كتلة العينة المبرقنة

$$\gamma_p = 0.93 \text{ gr/cm}^3 \text{ وكثافة البارافين } m_{1p} = 101 \text{ gr}$$

الحل: إن حجم العينة المبرقنة  $V_{0p}$  حسب قانون أرخميدس يساوي النقص في كتلتها عند

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3 \text{ كثافة للماء وذلك عند كثافة للماء } \gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$V_{0p} = \frac{m_{1p} - m_w}{\gamma_w} = 101.1 - 55 = 46.1 \text{ cm}^3 \text{ ومنه:}$$

$$m_p = m_{1p} - m_1 = 101.1 - 100 = 1.1 \text{ gr} \text{ كتلة البارافين:}$$

$$V_p = m_p / \gamma_p = 1.1 / 0.93 = 1.18 \text{ cm}^3 \text{ وحجم البارافين:}$$

حجم العينة دون برفنة:

$$V_0 = V_{0p} - V_p = 46.1 - 1.18 = 44.92 \text{ cm}^3$$

ومن الوزن الحجمي للمادة من خلال الوزن الحجمي للعينة:

$$\gamma_0 = m_1 / V_0 = 100 / 44.92 = 2.23 \text{ gr/cm}^3$$

#### المسألة رقم 6:

عند تحديد الوزن النوعي لخص البناء (الجبصين) تم أخذ عينة منه بوزن  $m_0 = 85 \text{ gr}$  وفي

قارورة لوشاتليه وضع جزء من هذه العينة، وتبقى مقدار وزنه  $m_1 = 15.5 \text{ gr}$  ونتيجة هذه

العملية ارتفع منسوب الكيروسين من الصفر إلى مستوى  $25 \text{ cm}^3$ .

يطلب حساب الوزن النوعي للخص.

الحل: إن كتلة الجص التي دخلت قارورة لوشاتليه:

$$m_g = m_0 - m_1 = 85 - 15.5 = 69.5 \text{ gr}$$

إن حجم الجص في الحالة المطلقة أي دون مسامات وفراغات يساوي حجم الكيروسين

$$V_g = 25 \text{ cm}^3 \text{ أي يساوي}$$

$$\gamma = m_g / V_g = 69.5 / 25 = 2.7 \text{ gr/cm}^3 \text{ وهكذا فإن الوزن النوعي للخص:}$$

المسألة رقم 7: ما هو مقدار الحمولة التي يتلقاها كل مسند من المسندين الحاملين لجائز

من البيتون المسلح مقطعه مستطيل  $60 \times 14 \text{ cm}$  وطوله  $L = 6.5 \text{ m}$  إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي للبيتون المسلح  $\gamma_{ob} = 2500 \text{ kg/m}^3$  ؟

$$\text{الحل: حجم الجائر } V_B = 0.60 * 0.14 * 6.5 = 0.55 \text{ m}^3$$

$$m_B = V_B * \gamma_{ob} = 0.55 * 2500 = 1380 \text{ kg}$$

إن القيمة الرقمية لكتلة الجسم بالكيلوغرامات تساوي القيمة الرقمية لوزن هذا الجسم ويساوي قوة الثقل بالكغ.

وفي الوحدات الدولية Si تقاس بالنيوتن حيث:

1 نيوتن: قوة تعطي للجسم ذي الكتلة 1 كغ ث تسارعاً مقداره  $1 \text{ m/sec}^2$  في اتجاه تأثير هذه القوة. وبهذا يكون:

$$1 \text{ (نيوتن)} = 10 \text{ N (كغ ث)}$$

$$\text{وهكذا القوة أو الحمولة التي يعطيها الجائر البيتوني إلى المسندين: } F_b = 1380 * 10 = 13.8 \text{ KN}$$

$$\text{وتصبح الحمولة التي تؤثر على كل مسند: } F_0 = 13.8 / 2 = 6.9 \text{ KN}$$

### المسألة رقم 8:

جدار مسبق الصنع من البيتون الغازي بأبعاد  $3.1 \times 2.9 \times 0.3 \text{ m}$  كتلته  $m_m = 2160 \text{ kg}$ .

احسب مسامية البيتون الغازي إذا علمت أن وزنه النوعي  $\gamma_{bg} = 2.81 \text{ gr/cm}^3$

$$\text{الحل: إن حجم الجدار: } V_m = 3.1 * 2.9 * 0.3 = 2.7 \text{ m}^3$$

$$\text{- الوزن الحجمي للبيتون الغازي } = \gamma_{obg} = m_m / V_m = 2160 / 2.7 = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$P = \left( 1 - \frac{\gamma_{obg}}{\gamma_{bg}} \right) 100 = \left( 1 - \frac{800}{2810} \right) 100 = 71.5\%$$

$$P = \left( 1 - \frac{800}{2810} \right) 100 = 71.5\%$$

### المسألة رقم 9:

مكعب من البيتون الغازي بأبعاد  $20 \times 20 \times 20 \text{ cm}$  يسبح في الماء ويرز منه جزء خارج



الماء بارتفاع  $h = 6.5\text{cm}$ . يطلب تحديد مسامية البيتون الغازي إذا علمت أن وزنه النوعي

$$\gamma_{bg} = 2.79\text{gr/cm}^3$$

ملاحظة: يمكن حذف الماء المتص.

الحل: إن حجم (وزن) الماء للزاح بالمكعب البيتوني يساوي كتلته. وباعتبار أن الجزء البارز فوق سطح الماء من العينة يساوي  $h = 6.5\text{cm}$  فإن هذا يعني أن طول الجزء المغمور

$$h_1 = 20 - 6.5 = 13.5\text{cm} =$$

وقد أزاح بذلك الجزء كمية من الماء حجمها:

$$V_w = 20 \times 20 \times 13.5 = 5400\text{cm}^3$$

وهكذا فإن كتلة العينة  $5.4\text{kg}$  أو  $m_0 = 5400\text{gr}$

$$V_0 = 20 \times 20 \times 20 = 8000\text{cm}^3 \text{ المكعبة}$$

ولهذا يمكن حساب الوزن الحجمي من العلاقة:

$$\gamma_{0bg} = m_0/V_0 = 5400/8000 = 0.68\text{gr/cm}^3$$

$$\text{أو } 680\text{kg/m}^3$$

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) 100 \text{ ومنه المسامية حسب العلاقة:}$$

المسألة رقم 10:

صندوق سيارة شاحنة أبعاده  $2.8 \times 1.8 \times 0.6\text{m}$  مملوء حتى ثلثي (2/3) الارتفاع بمادة

البحص، فإذا علمت أن وزن السيارة فارغة  $m_C = 3\text{t}$  ووزنها مع البحص  $m_{CG} = 5.86\text{t}$ ،

احسب الوزن الحجمي الردمي ونسبة الفراغات في البحص علماً أن وزنه النوعي

$$\gamma_G = 2.7\text{gr/cm}^3$$

$$\text{الحل: حجم البحص: } V_G = 2.8 \times 1.8 (0.6 \times 2/3) = 2\text{m}^3$$

$$\text{كتلة البحص: } m_G = m_{CG} - m_C = 5.86 - 3 = 2.86\text{t}$$

$$\gamma_{0G} = m_G/V_G = \text{الوزن الحجمي الردمي للبحص}$$

$$\gamma_{0G} = 2860/2 = 1430\text{kg/m}^3$$

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_{OG}}{\gamma_G}\right) 100 = \text{نسبة الفراغات في البحص}$$

$$P = \left(1 - \frac{1430}{2700}\right) 100 = 47\%$$

### المسألة رقم 11:

عينة اسطوانية من الحجر الطبيعي بقطر  $d = 5\text{cm}$  وارتفاع  $h = 5\text{cm}$  ووزنها في الهواء

$$m_1 = 245\text{gr}$$

بعد تشربها بالماء لفترة كافية ازداد وزنها إلى  $m_2 = 294\text{gr}$

يطلب حساب الوزن الحجمي للمادة والتشرب الحاصل وزناً وحجماً.

$$V = \pi r^2 h = 3.14 * (2.5)^2 * 5 = \text{حجم العينة الاسطوانية}$$

$$V = 98.125\text{cm}^3$$

$$\gamma_0 = 245 / 98.125 = 2.496\text{gr/cm}^3 \text{ الوزن الحجمي للمادة}$$

$$W_{gr} = \frac{249 - 245}{245} = 1.635\% \text{ الرطوبة وزناً}$$

$$W_V = \gamma_0 * W_g = 2.496 * 1.635 = \text{الرطوبة حجماً}$$

$$W_V = 4.08\%$$

### المسألة رقم 12:

مادة لها وزن حجمي في الهواء  $\gamma_{01} = 1400\text{kg/m}^3$  في الحالة الجافة، ولكن رطوبتها

الطبيعية تشكل 3% من حجمها، وتم تحديد ذلك بتجربة التجفيف. تعرضت المادة لعملية

تشرب بالماء تحت الضغط فارتفع الوزن الحجمي ليصبح  $\gamma_{02} = 1700\text{kg/m}^3$ . احسب

المسامية المفتوحة للمادة.

الحل: إن كمية الماء الموجودة في  $1\text{m}^3$  هي  $(1000\text{dm}^3)$  بالنسبة للمادة في الحالة الجافة

الهوائية (الطبيعية) وهذه المسألة كون النسبة 3% يكون  $30\text{dm}^3 = 0.03 * 1000$  وهذا يساوي

$$.30\text{kg}$$

ومن هنا فإن وزن  $1\text{m}^3$  من المادة ذات الوزن الحجمي  $1400\text{kg/m}^3$  هو  $1400 - 30 = 1370\text{ kg}$ .

يكون حجم الماء الممتص تحت الضغط  $330\text{dm}^3$  أو  $1700 - 1370 = 330\text{kg}$  وبما أن التشرب والامتصاص تم تحت الضغط فإن حجم المسامات المفتوحة يجب أن يساوي حجم الماء الممتص أي  $330\text{dm}^3$  فتكون المسامية المفتوحة  $330/1000 = 0.33 = 33\%$

### المسألة رقم 13:

مكبس هيدروليكي مجهز بثلاث مراحل للتحميل هي مرحلة  $50\text{t}$  ومرحلة  $150\text{t}$  ومرحلة  $300\text{t}$  وهذه هي حمولاته العظمى لكل مرحلة. فإذا أردنا اختبار مكعب بيتونسي ضلعه  $a = 20\text{ cm}$  والبيتون مصمم بماركة  $400\text{kg/cm}^2$  وقد تصلب أكثر من 28 يوماً. ففي أية مرحلة للتحميل يجب تشغيل للمكبس؟

الحل: لماركة البيتون 400 تكون القوة الكاسرة  $P = F \cdot S$ .

حيث:  $F$  مقاومة المكعب على الضغط  $\text{kg/cm}^2$

$S$  مساحة مقطع المكعب المعرض للضغط

$$P = 400 \cdot 20 \cdot 20 = 160000\text{kg} = 160\text{t}$$

ولهذا يجب تشغيل المكبس على المرحلة الثالثة أي مرحلة  $300\text{t}$ .

### المسألة رقم 14:

جائز بيتونسي صغير طوله  $L = 100\text{cm}$  ومقطعه مربع  $15 \times 15\text{cm}$  يراد اختباره على الشد بالانعطاف بتحضير مسندين وتركيز قوة مركزة بالوسط فإذا علمت أن إجهاد الشد بالانعطاف المتوقع  $\sigma = 80\text{kg/cm}^2$  ما هي طاقة المكبس الهيدروليكي اللازم لكسر الجائز؟

$$\text{الحل: من علاقة الشد بالانعطاف: } \sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \text{ (الجدول 6)}$$

$$\text{وبالتعويض: } P = \frac{80 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 15^3}{3 \cdot 100}$$

$$P = 1800 \text{ kg}$$

إذاً لاختيار هذا الجائز للشد بالانعطاف يكفي استخدام مكبس بقوة 2 طن فقط.

المسألة رقم 15:

احسب كم مرة يزداد ارتفاع جدار من الحجر الطبيعي ذي الوزن الحجمي

$$\gamma_0 = 2000 \text{ kg/m}^3$$

إذا ما تم تبديل مادة البناء:

$$\gamma_{01} = 1700 \text{ kg/m}^3 \text{ أ - بالآجر}$$

$$\gamma_{02} = 1300 \text{ kg/m}^3 \text{ ب - بالبيتون المسامي}$$

$$\gamma_{03} = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ ج - بالبيتون الخفيف}$$

وذلك إذا كانت كمية الضغط  $\sigma$  عند قاعدة الجدار لمادة الحجر  $5 \text{ kg/cm}^2$

وللآجر  $10 \text{ kg/cm}^2$  ولأنواع البيتون المذكورة  $50 \text{ kg/cm}^2$  عند سماكة ثابتة للجدار تساوي  $0.64 \text{ m}$ .

جميع الحسابات تجرى فقط للوزن الذاتي للجدار.

الحل: للحساب نأخذ شريحة من الجدار بطول  $1 \text{ m}$  وسماكة  $0.64 \text{ m}$  وهكذا تكون الحمولة

$$P = 1 * 0.64 * h * \gamma_0 \text{ على قاعدة الشريحة من الوزن الذاتي لها}$$

حيث:  $h$  ارتفاع الجدار مقدراً بالمتر  $\text{m}$ .

$\gamma_0$  الوزن الحجمي للمادة التي تتكون منها الشريحة

$$\text{ومن شروط المتانة: } P = S * \sigma = 1 * 0.64 \sigma$$

وبحل هاتين المعادلتين معاً نحصل على:

$$h = \frac{\sigma}{\gamma_0}$$

$$h = \frac{5 * 100 * 100}{2000} = 25 \text{ m} \text{ - للحجر الطبيعي}$$

$$h = \frac{10 * 100 * 100}{1700} = 58.8 \text{ m} \text{ - للآجر}$$

أي يزداد الارتفاع 2.3 مرة

$$h = \frac{50 \cdot 100 \cdot 100}{100} = 500 \text{ m} \text{ وللبيتون الخفيف}$$

أي يتضاعف 20 مرة

ملاحظة: هذه الحسابات افتراضية لأن الجدران المرتفعة تحتاج لحساب في حالة الانقلاب والانهيار ولم يؤخذ أيضاً في الحل احتياطي المقاومة.

كما أن المعامل  $\frac{\sigma}{\gamma_0}$  هو معامل النوعية الإنشائية

المسألة رقم 16:

احسب معامل التجانس  $K_T$  للبيتون ماركة 400 الذي جرت معالجته بالأوتكلاف (الحرارة والبخار) للحصول على متانة مبكرة مسموحة قيمتها 65% من الماركة التصميمية الحسابية، حيث تمت مراقبة الجودة من خلال اختبار عينات حقيقية من هذا البيتون المنتج حيث كانت النتائج قيم المقاومات  $(F_1, F_2, F_3, \dots, F_n \cdot \text{kg/cm}^2)$  على مدى شهر كامل وطبيعة العمل بورديتين يومياً وتم أخذ عينة من كل وردية. ونتائج الاختبار للعينات النظامية ترد في الجدول (5).

الجدول (5): نتائج اختبار العينات النظامية على الضغط كغ/سم<sup>2</sup>

220	250	200	300	240	270	240	250	280	320
210	240	190	290	250	260	240	220	270	310
230	260	220	320	260	280	230	250	260	330
200	230	200	280	240	250	250	240	230	300
240	270	240	320	270	290	260	250	300	340

الحل: يحسب المتوسط الحسابي لقيم نتائج ( $n = 50$ ) عينة كافة، ولكل قiece من قيم مقاومة البيتون على حدة من العلاقة:

$$\bar{F} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n}{n} = \frac{220 + 250 + \dots + 340}{50}$$

$$\bar{F} = 257 \text{ kg/cm}^2$$

وأما الانحراف المعياري لنتائج اختبار مقاومات البيتون للعينات باستخدام القيمة المتوسطة للمقاومة  $\bar{F}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(220-257)^2 + (210-257)^2 + \dots + (340-257)^2}{50}} = 35 \text{ kg/cm}^2$$

مؤشر التغير c

$$C = \frac{\sigma}{\bar{F}} \cdot 100\% = \frac{35}{257} \cdot 100 = 13.65\%$$

$$C = 0.1365 \text{ أو}$$

$$K_T = \frac{F_{\min}}{F_{\text{nor}}} \text{ معامل التجانس}$$

حيث:  $F_{\text{nor}}$  المقاومة المطلوبة للبيتون

$F_{\min}$  أصغر قيمة حسابية مفترضة للمقاومة

$$F_{\min} = g \bar{F} \text{ علماً أن:}$$

حيث:  $g$  معامل يتم تحديده وفقاً لقيمة  $C$

$$g = 1 - 3C \text{ فمثلاً } C \leq 12\% \text{ تكون قيمة}$$

وعند  $C > 12\%$  تؤخذ قيمة  $g$  من منحنى قيم  $g$  المتعلقة بمؤشر التغير  $C$  ومنحنى

التمائل مع وجود منحنى غاوس (المراجع 1) ورمزه  $\varepsilon$  - قيمة تجانس المنحنى. الشكل (1)

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^3}{n \sigma^3} = 0.3505$$

وعند قيم  $\varepsilon > 0$  يكون تجانس البيتون ضعيفاً بحيث لا يتم حساب  $K_T$

$$\varepsilon / C = \frac{0.3505}{0.1365} = 2.10$$

وبالعودة إلى المنحنى المذكور أعلاه (المراجع 1) ولقيمة  $\varepsilon / C = 2.10$  و  $C = 0.1365$

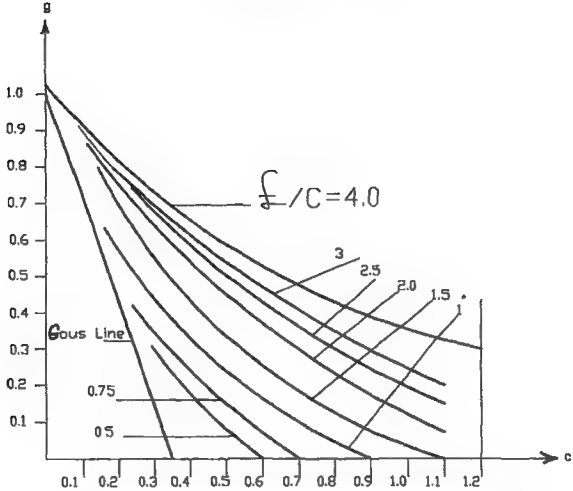
$$F_{\min} = 257 \cdot 0.75 = 192 \text{ kg/cm}^2 \text{ و } g = 0.75$$

$$K_T = \frac{192}{400 \cdot 0.65} = 0.738$$

قيمة KT تجاوزت القيم المسموحة المساوية لـ 0.6 حسب النورم الروسي

قيم المعامل g وفقاً لـ مؤشر التغير C ومنحني التجانس E.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{250}{0.000125} = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$



الشكل (1): قيم المعامل g وفقاً لمؤشر التغير C ومنحني التجانس E

### المسألة رقم 17:

عرضنا قضيباً فولادياً بطول  $L = 100 \text{ mm}$  مساحة مقطعه  $S = 200 \text{ mm}^2$  للشد في جهاز

شد الفولاذ فكانت الاستطالة الكلية  $\Delta L = 0.0125 \text{ mm}$  عند حمولة  $P = 500 \text{ kg}$

احسب الاستطالة النسبية  $\varepsilon$  وقيمة الإجهاد  $\sigma$  عند الحمولة المذكورة ومعامل مرونة

الفولاذ E.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.0125}{100} = 0.000125$$

الحل:

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{500}{200} = 2.5 \text{ kg/mm}^2 = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{250}{0.000125} = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

المسألة رقم 18:

احسب قطر القضيب الفولاذي ذي الطول  $L = 1.2 \text{ m}$  والذي يتلقى حمولة  $P = 4 \text{ t}$  واحسب الاستطالة الكلية للعينة إذا علمت أن الإجهاد المسموح بالشد  $\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$  ومعامل المرونة  $E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

الحل: مساحة المقطع المطلوب  $S = \frac{P}{\sigma} = \frac{4000}{1600} = 2.5 \text{ cm}^2$

$$\Delta L = \frac{PL}{ES} = \frac{4000 \cdot 120}{2 \cdot 10^6 \cdot 2.5} = 0.096 \text{ cm}$$

مسائل غير محلولة – الكثافة والمسامية

مسألة 1:

احسب قطر صومعة الاسمنت أي (السيلو) الاسطواني المخصص لحفظ  $100 \text{ t}$  من الإسمنت إذا علمت أن ارتفاعه  $10 \text{ m}$  والوزن الحجمي للإسمنت  $1300 \text{ kg/m}^3$  ومعامل الامتلاء للصومعة 0.9.

مسألة 2:

احسب عدد الصوامع الأسطوانية اللازمة لحفظ  $1500 \text{ t}$  من الإسمنت إذا كان ارتفاع الصومعة الواحدة  $10 \text{ m}$  وقطرها  $6 \text{ m}$  والوزن الحجمي للإسمنت  $1300 \text{ kg/m}^3$  ومعامل الامتلاء 0.9.

مسألة 3:

ما هي كمية البيتون المسلح اللازمة لإنشاء صومعة لحفظ  $600 \text{ t}$  من الإسمنت إذا كان



إنشائها سيتم على دفعات كل دفعة هي حلقة من البيتون المسلح بقطر داخلي 6m وارتفاع 1m وبسماكة 12cm الوزن الحجمي للبيتون المسلح  $2500\text{kg/m}^3$  - الوزن الحجمي للإسمنت ومعامل الامتلاء كما في التمرين السابق.

#### مسألة 4:

احسب طول مستودع الرمل اللازم لحفظ 12000t من الرمل ذي الوزن الحجمي  $1550\text{kg/m}^3$ ، زاوية الميل الطبيعي للرمل  $30^\circ$  والارتفاع المسموح لكومة الرمل 5 m.

#### مسألة 5:

تخزن الإسمنت في مجل بيتونسي مركزي مؤلف من 9 صوامع بارتفاع 10m وقطر الصوامع الداخلي 6 m، ومعامل الامتلاء لهذه الصوامع 0.9. فإذا علمت أن المجل يعمل على مدار الساعة وينتج باليوم (24 ساعة) كمية من البيتون المجهول تساوي  $500\text{m}^3$  ومصروف الإسمنت لكل  $1\text{m}^3$  من الخلطة يساوي  $312\text{kg/m}^3$  والوزن الحجمي للإسمنت  $1300\text{kg/m}^3$ . فكم يوماً يمكن للمجل أن يعمل ليستهلك كامل المخزون من الإسمنت في الصوامع.

#### مسألة 6:

احسب مصروف البحص لـ  $1\text{m}^3$  من البيتون إذا علمت أن مستودعات المجل المركزي المهيئة لـ 7 أيام عمل تحتوي على  $1800\text{m}^3$  من البحص والإنتاج اليومي للمجل يساوي  $300\text{m}^3$  من البيتون المجهول ومعامل ضياع البحص عند النقل 1.02 والوزن الحجمي للبحص  $1450\text{kg/m}^3$ .

#### مسألة 7:

ما هو مقدار التغير في الحجم لكمية 50t من الرمل بوزن حجمي ردمي  $1400\text{kg/m}^3$  إذا علمت أن وزنه الحجمي الردمي أصبح يساوي  $1600\text{kg/m}^3$  عند نسبة رطوبة 7 %.

#### مسألة 8:

إذا علمت أن الرمل عند ترطيبه بنسبة 2 % يزداد حجمه بنسبة 20% وعند ترطيبه بنسبة

20% ينقص حجمه بمقدار 5% مقارنة مع الرمل الجاف، فإذا كان الوزن الحجمي للرمل الجاف  $1500\text{kg/m}^3$ . احسب وزنه الحجمي عند رطوبة 2% وكذلك عند رطوبة 20%.

#### مسألة 9:

باستخدام البيكنومتر لحساب الوزن النوعي للرمل الكوارتزي بعد طحنه وتخضيره تم أخذ كتلة من الرمل بوزن  $15.5\text{gr}$  وكان وزن البيكنومتر دون ماء ودون عينة  $25.5\text{gr}$  ووزنه مع الماء  $75.5\text{gr}$  ووزنه مع الماء والعينة  $83.3\text{gr}$ . احسب الوزن النوعي للرمل.

#### مسألة 10:

ما هو وزن عينة ذات شكل غير هندسي إذا كان الوزن الحجمي لمادة العينة  $2400\text{kg/m}^3$  وإذا كان وزن العينة قد نقص بمقدار  $45.5\text{gr}$  عند وزنه داخل الماء، وليرفنة العينة استخدمت كمية من البرافين بوزن  $1.5\text{gr}$  وكثافة البرافين  $0.93\text{gr/cm}^3$ .

#### مسألة 11:

بلاطة من البيتون المسلح مسبقة الصنع تستند إلى مسندين طولها  $5.8\text{m}$  وعرضها  $1.6\text{m}$  وسماكتها  $22\text{cm}$  تحتوي على فراغات أسطوانية على كامل طولها عدد الفراغات 6 وقطر كل واحد منها  $16.5\text{cm}$  فإذا كان الوزن الحجمي للبيتون المسلح  $2500\text{kg/m}^3$ . احسب حصة المسند الواحد من الحمولة.

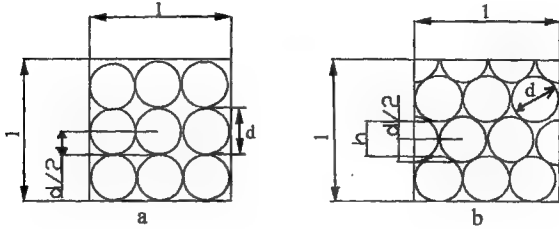
#### مسألة 12:

إذا علمت أن الوزن النوعي لنوع من أنواع البيتون يساوي  $2.4\text{gr/cm}^3$  فما هو حجم الفراغات الذي يجب أن تخلقه في هذا البيتون لكي ينخفض وزنه الحجمي من  $2200\text{kg/m}^3$  إلى  $600\text{kg/m}^3$ .

#### مسألة 13:

احسب حجم الفراغات بين الكرات ذات القطر الواحد والتي تملأ وحدة الحجم في صفوف الشكل (2-a) وكذلك بتوزيع شطرنجي الشكل (2-b).

وهل يتغير حجم الفراغات تبعاً لقطر الكرات؟



الشكل (2)

مسألة 14:

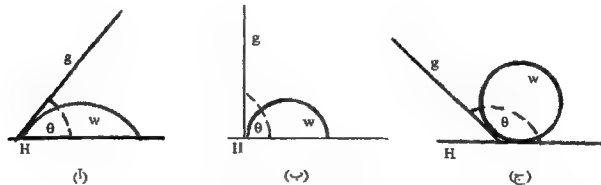
احسب حجم البحص الذي سيتم نقله في عربة قطار شحن حمولتها 60 t إذا علمت أن الوزن الحجمي للبحص  $1420 \text{ kg/m}^3$ .

مسألة 15:

ما هو الوزن الحجمي للبحص الذي تم ملء قسطل للقياس بعينة منه إذا علمت أن قطر القسطل 185 mm وارتفاعه 186.5 mm حيث كان وزن هذه العينة داخل القسطل يساوي 7.75kg.

## 1.2 الخواص الهيدروفيزيائية

تتنسب للخواص الهيدروفيزيائية كافة الخواص التي تميز علاقة المواد بالماء. ويتم تحديد قابلية التبلل بالماء كمّاً للمواد بحساب جيب (cos) الزاوية الحلية المتشكلة بين المماس على سطح حبة الماء وبين سطح المادة الصلبة. انظر الشكل التالي:



الشكل يبين الزوايا المحلية لتبلل المادة بالماء

أ -  $\theta < 90^\circ$  حادة تبلل المادة.

ب -  $\theta = 90^\circ$  حادة انتقالية متوسطة.

ج -  $\theta > 90^\circ$  حادة عدم التبلل بالماء.

وتمثل w - (المنطقة) الطور السائل (التبلل).

H - (المنطقة) الطور الصلب.

g - (المنطقة) الطور الغازي.

حيث يمكن القول هنا أن تجيب الزاوية الحادة  $\theta$  يأخذ قيمة:

1  $\cos \theta < 1$  وذلك للمواد القابلة للتبلل بالماء وتسمى عندها هذه المواد مواداً قابلة للتبلل

بالماء (تمتص الماء وتحتفظ به).

وعندما يكون  $0 < \cos \theta < 1$  والزاوية منفرجة (غير حادة) وتميز المواد غير القابلة للتبلل

بالماء (لا تمتص الماء وغالباً لا يمرره).

ويعرف امتصاص الماء بأنه: قابلية المادة لامتصاص الماء عند وقوعها بتماس مباشر معه

ويتوضع الماء في المواد ذات المسامات الشعرية في مسامات هذه المواد.

وللمواد الكثيفة التي لا تتبلل بالماء يمكن أن يحدث امتصاص بسيط عكسي الاتجاه

نتيجة انتشار الماء عند توفره بشكل غزير.

وللمواد التي لا تحتوي على مسامات شعرية مطلقاً يمكن أن يحدث الامتصاص

بإدخال الماء إلى المسامات غير الشعرية بالضغط أو بالطرق غير المباشرة.

ويتم حساب كمية أو حجم الماء المحتص بحساب نسبة الرطوبة المحتصة منسوبة إلى الحجم أو الوزن الجاف لعينة المادة قبل الترطيب.

وهنا يمكن تعريف امتصاص الماء حجماً بأنه يساوي إلى حجم المسامات المفتوحة في المادة والتي يمكن أن تمتلئ بالماء وتسمى المسامية الظاهرية.

وتسمى نسبة كمية الماء المحتص إلى حجم المادة بمعامل الإشباع.

وتسمى المادة كثيفة مانعة للماء عندما لا تسمح هذه المادة بمرور الماء المضغوط عبرها.

وتقسم طرق اختبار كثافة المادة لتمرير الماء إلى ثلاث طرق:

الأولى: بقياس الضغط الهيدروليكي للماء الذي تتعرض له عينة المادة خلال زمن محدد دون ظهور أي دلائل على الفلترة (تمرير الماء).

الثانية: بحساب الزمن اللازم لمرور كمية محددة من الماء عبر المادة تحت ضغط محدد وثابت.

الثالثة: بحساب كمية الماء المارة عبر عينة المادة خلال وقت محدد تحت ضغط محدد.

### مسائل محلولة:

#### المسألة رقم 19:

إذا علمت أن كتلة عينة المادة في الحالة الجافة  $m = 90.9 \text{ kg}$  وعند ترطيبها لنسبة أولية معينة أصبحت كتلتها  $m_1 = 100 \text{ kg}$ .

فما هي كتلة هذه العينة من المادة عند رطوبة  $W = 20\%$

الحل: أولاً الرطوبة الأولية للمادة:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} 100 = \frac{100 - 90.9}{90.9} 100 = 10\%$$

إن كتلة المادة  $m_w$  عند رطوبة  $W = 20\%$  نحسبها من العلاقة:

$$m_w = \frac{20 * 90.9 + 100 * 90.9}{100} = 109.08 \text{ kg}$$

#### المسألة رقم 20:

تتغير الرطوبة المحتصة من الوسط المحيط للبيتون الخفيف بتغير الرطوبة النسبية للهواء.

فإذا كان الوزن الحجمي للبيتون الخفيف الجاف  $\gamma_{0d} = 500 \text{ kg/m}^3$  ورطوبة الامتصاص حجماً تشكل على التوالي عند رطوبة نسبية للهواء 40 % تشكل  $W_0 = 1.4\%$  وعند رطوبة نسبية للهواء 80 % تشكل  $W_1 = 2.9\%$  وعند رطوبة نسبية للهواء 100% تشكل 9.4 % . فاحسب الوزن الحجمي للبيتون عند كل قيمة للرطوبة النسبية المذكورة للهواء.

الحل: للتحويل من رطوبة المادة حجماً ( $W_0$ ) إلى رطوبتها وزناً ( $W_m$ ) تستخدم العلاقة:

$$W_m = \frac{1000 W_0}{\gamma_{0d}}$$

وهكذا فعند رطوبة نسبية للهواء 40 %

$$W_m = \frac{1000 * 1.4}{500} = 2.8\%$$

وعند رطوبة نسبية للهواء 80 %

$$W_m = \frac{1000 * 2.9}{500} = 5.8\%$$

وعند رطوبة 100 %

$$W_m = \frac{1000 * 9.4}{500} = 18.8\%$$

وتكون قيم الوزن الحجمي عند نسب الرطوبة المذكورة.

عند 40 % رطوبة:

$$\gamma_{0w} = \gamma_{0d} + \frac{\gamma_0 * W_m}{100} = 500 + \frac{500}{100} * 2.8 = 514 \text{ kg/m}^3$$

وعند 80 % رطوبة:

$$\gamma_{0w} = 500 + \frac{500}{100} * 5.8 = 529 \text{ kg/m}^3$$

وعند 100 % رطوبة:

$$\gamma_{0w} = 500 + \frac{500}{100} * 18.8 = 594 \text{ kg/m}^3$$

### المسألة رقم 21:

إذا علمت أن الخشب عند رطوبة  $W=20\%$  له وزن حجمي يساوي  $\gamma_{ow}=670\text{kg/m}^3$  وعند إشباعه بالماء تحت الضغط ترتفع قيمة الوزن الحجمي إلى  $\gamma_{ow}=1300\text{kg/m}^3$ .

فاحسب المسامية المفتوحة للخشب.

الحل: إن كتلة متر مكعب واحد (1) من الخشب الجاف تماماً تساوي:

$$\gamma_0 = \gamma_{ow} - \frac{\gamma_{ow} * W}{100} = 670 - \frac{670 * 20}{100} = 536\text{kg}$$

كمية الماء المتص:

$$m_w = \gamma_{ow} - \gamma_0 = 1300 - 536 = 764\text{kg}$$

أو حجماً:  $W_v = 0.764\text{m}^3$

إن حجم الماء المتص تحت الضغط هو نفس حجم المسامية المفتوحة في الخشب.

فتكون المسامية المفتوحة للخشب =

$$P = w_v * 100 = 0.764 * 100 = 76\%$$

### المسألة رقم 22:

إذا علمت أن امتصاص البيتون للرطوبة وزناً  $W_n=4.2\%$  وحجماً  $W_0=9.5\%$  والوزن النوعي للبيتون  $\gamma=2.7\text{kg/m}^3$ .

احسب المسامية الكلية.

الحل:

$$\Leftrightarrow \frac{\text{الماء المتص حجماً}}{\text{الماء المتص وزناً}} = \text{الوزن الحجمي للبيتون } \gamma_0 \text{ يساوي}$$

$$\gamma_0 = \frac{W_0}{W_n} = \frac{9.5}{4.2} = 2.26\text{gr/cm}^3$$

أو:  $\gamma_0 = 2260\text{kg/m}^3$

$$P = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma} = \frac{2700 - 2260}{2700} * 100 = 16.2\% \text{ المسامية الكلية للبيتون:}$$

المسألة رقم 23: إذا علمت أن كتلة العينة الحجرية ذات الوزن النوعي المساوي  $\gamma = 2.5 \text{ gr/cm}^3$  في الحالة الجافة  $m = 100 \text{ gr}$  وبعد التعرض للترطيب وامتصاص الماء أصبحت الكتلة  $m_N = 110 \text{ gr}$  ونسبة الامتصاص حجماً  $W_0 = 20\%$ . احسب مسامية الحجر.

الحل: الامتصاص وزناً  $W_m$

$$W_m = \frac{m_N - m}{m} * 100 = \frac{110 - 100}{100} = 10\%$$

$$\gamma_0 = \frac{W_0}{W_m} = \frac{20}{10} = 2 \text{ الوزن الحجمي للحجر}$$

$$\gamma_0 = 2000 \text{ kg/m}^3 \text{ أو } \gamma_0 = 2 \text{ gr/cm}^3 \text{ والرقم 2 يوافق}$$

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) * 100 = \left(1 - \frac{2}{2.5}\right) * 100 \text{ مسامية الحجر}$$

$$P = 20\%$$

المسألة رقم 24:

احسب معامل امتلاء المسامات لعينة آجرية بأبعاد  $250 \times 120 \times 65 \text{ mm}$  ووزن نوعي  $\gamma = 2.6 \text{ gr/cm}^3$  ووزن جاف  $m = 3.5 \text{ kg}$  إذا علمت أن وزن العينة قد أصبح  $m_w = 4 \text{ kg}$  بعد الاحتفاظ بها داخل الماء.

الحل: إن معامل الامتلاء  $K_h$  يساوي نسبة الماء الممتص حجماً إلى مسامية المادة.

$$W_m = \frac{m_w - m}{m} * 100 = \frac{4 - 3.5}{3.5} * 100 = 14.3\% \text{ - امتصاص الماء وزناً } W_m$$

$$V = 25 * 12 * 6.5 = 1950 \text{ cm}^3 \text{ - حجم العينة}$$

$$\gamma_0 = \frac{m}{V} = \frac{3500}{1950} = 1.8 \text{ gr/cm}^3 \text{ - الوزن الحجمي لعينة الآجر}$$

$$\text{أو } 1800 \text{ kg/m}^3$$



$$W_V = W_m * \gamma_0 = 14.3 * 1.8 = \text{امتصاص الماء حجماً}$$

$$W_V = 25.7\%$$

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) 100 = \text{المسامية الكاملة للآجر}$$

$$P = \left(1 - \frac{1.8}{2.6}\right) 100 = 30.8\%$$

$$K_N = \frac{W_V}{P} = \text{معامل الامتلاء}$$

المسألة رقم 25:

قسطل مصنوع من مواد سيراميكية بقطر خارجي  $D_0 = 460 \text{ mm}$  و قطر داخلي  $D_D = 400 \text{ mm}$  وطول  $L = 800 \text{ mm}$  موضوع في جهاز الضغط الهيدروليكي بضغط  $P = 0.3 \text{ MPa}$  وخلال 24 ساعة مرّ من خلال جدار القسطل  $V_W = 37 \text{ cm}^3$  من الماء. احسب معامل الفترة (مرور الماء عبر الجدران).

الحل: - السطح الداخلي للقسطل:

$$S = \pi D_D L = 3.14 * 40 * 80 = 10000 \text{ cm}^2$$

- سماكة القسطل  $\delta$ :

$$\delta = \frac{D_0 - D_D}{2} = \frac{460 - 400}{2} = 30 \text{ mm}$$

$$\delta = 3 \text{ cm}$$

- معامل الفترة (تمرير الماء):

$$K_F = \frac{V_W \delta}{S t P} = \frac{37 * 3}{1.10^4 * 24 * 3.10^3} = 1.54 * 10^{-5} \text{ m/h}$$

ساعة  $t = 24 \text{ h}$ ، واحدة معامل الفترة متر/ساعة.

ملاحظة: عند احتساب معامل الفترة فإن وحدة الضغط الهيدروليكي  $P$  تعتمد متراً لعمود الماء أي  $30 \text{ MPa}$  ميقا باسكال تعني 30 متراً عمود الماء.

### المسألة رقم 26:

إذا علمت أن مقاومة الضغط للحجر الكلسي في الحالة الجافة  $F_C = 9.5 \text{ MPa}$  ومعامل النظرية له  $K_R = 0.65$  فاحسب مقاومة الحجر الكلسي في حالة إشباعه بالماء.

الحل: مقاومة الحجر الكلسي في حالة إشباعه بالماء  $R_w$

$$R_w = K_R F_C = 0.65 \times 9.5 = 6.18 \text{ MPa}$$

### المسألة رقم 27:

يشكل بخار الماء في الوسط المحيط ضغطاً داخل الأبنية وخارجها فإذا كان فرق الضغط لبخار الماء على جدران أحد الأبنية يساوي  $\Delta P = 50 \text{ Pa}$  فاحسب معامل مرور بخار الماء عبر الجدار المذكور بمساحة كلية  $S = 30 \text{ m}^2$  وسماكة  $\delta = 51 \text{ cm}$  حيث تمر خلال زمن  $t = 24$  ساعة عبر هذا الجدار كمية  $m_p = 54 \text{ gr}$  من بخار الماء.

الحل: معامل مرور البخار يحسب من العلاقة:

$$M = \frac{m_p \cdot \delta}{S \cdot t \Delta P} = \frac{54 \cdot 0.51}{30 \cdot 24 \cdot 50} = 7.65 \cdot 10^{-4} \text{ gr}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{pa})$$

الواحدة غ/ (متر. ساعة. باسكال).

مسائل غير مطوّلة - الخواص الهيدروفيزيائية (الجواب معطى آخر الكتاب)

### مسألة 16:

احسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة وفي الحالة الرطبة لجدار خارجي مسبق الصنع من الببتون الخاوي على حصويات شها إذا علمت أن وزن الجدار  $4.5 \text{ t}$  ونسبة الرطوبة 13% وأبعاده  $3.6 \times 2.9 \times 0.4 \text{ m}$

### مسألة 17:

إذا علمت أن التركيب الجاف لكتلة سيراميك هو: غضار 15 %، كاولين 35 %، كوارتز 25 %، الفيلدسبار 25 % فاحسب كمية المواد وكمية الماء اللازمة للحصول على كمية  $100 \text{ kg}$  من السيراميك برطوبة 22%.

### مسألة 18:

لنفس شروط التمرين رقم 17 احسب كمية المواد وكمية الماء إذا علمت أن المواد الداخلة تحتوي على رطوبة نسبتها: للغضار 18%، للكاولين 16%، للكوارتر 0.5%، للفيلدسبار 1%.

### مسألة 19:

تم إخضاع قطعة قرميد من السيراميك حجمها  $1.4 \text{ dm}^3$  ووزنها  $2.4 \text{ kg}$  للتجفيف بشكل كامل.

وعند الاحتفاظ بها داخل الماء وتشربها كان وزنها  $2.67 \text{ kg}$  فإذا علمت أن الوزن النوعي للسيراميك  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ .

### مسألة 20:

ما هو وزن قطعة من الخشب في الحالة الطبيعية أي بنسبة رطوبة  $W = 20\%$ ، وما هو وزن هذه القطعة الخشبية في حالة إشباعها بالماء  $W = 120\%$  إذا علمت أن وزنها عند رطوبة 8% يساوي  $18 \text{ kg}$ .

### مسألة 21:

تم إنشاء ثلاث قنوات للرّي الأولى من البيتون المصبوب بالقالب في المكان، والثانية من البيتون المسلح المسبق الصب، والثالثة من البيتون الإسفلتسي. فإذا علمت أن معامل (الفترة) تمرير المياه كان للأولى  $4 \times 10^{-6}$  وللثانية  $1.2 \times 10^{-6}$  وللثالثة  $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ ، فما هي كمية الماء المتشربة من خلال سطح  $100 \text{ m}^2$  خلال 30 يوماً من كل قناة إذا كانت سماكة المادة  $10 \text{ cm}$  وضغط الماء في القناة بمعدل عامود ماء بارتفاع  $2 \text{ m}$ .

### مسألة 22:

لدينا قسطل من البيتون المسلح بطول  $5000 \text{ mm}$  وسماكة  $50 \text{ mm}$  وقطر داخلي  $200 \text{ mm}$  وضغط  $0.5 \text{ MPa}$  (أي القسطل غير مربوط على محطة ضخ أو مضخة) وقد تسرب من

القسطل خلال يوم 40 gr من الماء.  
فإذا علمت أن معامل الفترة يجب أن لا يزيد عن  $7 \times 10^{-9}$  cm/sec فهل يحقق القسطل المذكور الاشتراطات المطلوبة من حيث تسريب الماء.

### مسألة 23:

يتعرض عمود من الآجر يحمل شرفة لمرور الماء من حوله فإذا علمت أن حصته من الحمولة 400 KN ومقطعه  $51 \times 51$  cm وحد المتانة على الضغط للآجر لا يقل عن 15 MPa والمقاومة التصميمية الحسابية لا تسمح بحمولة تزيد عن 10 % من حد المتانة على الضغط على كل سنتيمتر مربع واحد من الآجر.  
فهل يتحمل هذا العمود الحمولة المعطاة إذا كان معامل التطرية للآجر 0.81.

### مسألة 24:

نفذت جدران أحد الأبنية من البيتون الغازي فكان الوزن الحجمي لهذا البيتون في الجدار الأول  $600 \text{ kg/m}^3$  والثاني  $700 \text{ kg/m}^3$  والثالث والرابع  $800 \text{ kg/m}^3$  ومساحة كل جدار  $50 \text{ m}^2$  والسماكة  $25 \text{ cm}$ .

فإذا علمت أن فرق ضغط بخار الماء بين داخل البناء وخارجه 39 Pa وقيمة معامل تمرير البخار لمادة الجدران هي على التوالي للأول ذي الوزن الحجمي 600 يُساوي  $1.4 \times 10^{-3}$  غ/م.سا. باسكال وللثاني ذي الوزن الحجمي للبيتون 700 تساوي  $1.24 \times 10^{-3}$  غ/م.ساعة. باسكال وللثالث والرابع ذوي وزن حجمي للبيتون  $800 \text{ kg/m}^3$  تساوي  $1.12 \times 10^{-3}$  gr/m·h·Pa.

فاحسب كمية البخار التي تمر من كل جدار خلال يوم (24 ساعة).

### مسألة 25:

في نفس شروط المسألة السابقة رقم (24) احسب السماكة اللازمة لكل جدار الأول بوزن حجمي للبيتون الغازي 600 والثاني بوزن حجمي للبيتون الغازي فيه 700 والثالث

والرابع بوزن حجمي للبيتون الغازي فيها  $800 \text{ kg/m}^3$  وذلك لثمر من خلالها كمية من البخار لا تزيد عن  $150 \text{ gr}$  في اليوم (24 ساعة).

مسألة 26:

إذا علمت أن فرق ضغط بخار الماء على جدار من البيتون المسبق الصنع يساوي  $39 \text{ Pa}$  ويعر من خلال الجدار خلال يوم كمية بخار تساوي  $45 \text{ gr}$ .  
فاحسب معامل تمرير البخار إذا كانت أبعاد الجدار هي  $5 \times 3 \times 0.15 \text{ m}$ .

### 1.3 الخواص الفيزيوية الحرارية للمواد

#### مسائل محلولة

المسألة رقم 28:

عينة مكعبية من مادة صلبة طول ضلعها  $a = 10 \text{ cm}$  كتلتها في الهواء جافة  $m = 2.2 \text{ kg}$ .  
احسب ناقلية هذه المادة للحرارة وابحث في إمكانية تصنيفها بدلالة الوزن الحجمي والناقلية الحرارية.

الحل: لحساب الناقلية الحرارية بدلالة الوزن الحجمي يمكن استخدام العلاقة (علاقة نكراساف) (المراجع 2):

$$\lambda = 1.16 \sqrt{0.0196 + 0.22 \gamma_0^2} - 0.16$$

حيث:  $\gamma_0$  الوزن الحجمي للمادة  $\text{gr/cm}^3$

$$\gamma_0 = m/a^3 = 2200/1000 = 2.2 \text{ gr/cm}^3$$

ومن هنا الناقلية الحرارية

$$\begin{aligned} \gamma &= 1.16 * \sqrt{0.0196 + 0.22 * (2.2)^2} - 0.16 = \\ &= 1.048 \text{ wt/(m} \cdot \text{c}^\circ) \end{aligned}$$

حرارة  
مدرجة. ما

وبالعودة إلى النورمات والكودات بدلالة الوزن الحجمي والناقلية يتبين أن هذه المادة تشبه

البيتون الثقيل.

(راجع الجدول رقم 3.1) الكتاب النظري.

المسألة رقم 29:

دائرة (فيلا) في منطقة جبلية مرتفعة شديدة البرودة شتاءً أقيمت الجدران فيها من البلوك القرميدي للعزل الحراري.

وتبين أنه من خلال جدار بمساحة  $S=25.5\text{m}^2$  من البلوك القرميدي يمر خلال يوم ( $\tau = 24\text{h}$ ) كمية من الحرارة  $Q = 76000\text{kJ}$  (كيلو جول). فإذا كانت سماكة الجدار  $\delta=51\text{cm}$  ودرجة حرارة الجدار من الجهة الدافئة  $t_1=15^\circ\text{C}$  ومن الجهة الباردة الافتراضية  $t_2=-12^\circ\text{C}$ .

فاحسب الناقليّة الحرارية لجدار البلوك القرميد إنتاج مدينة حمص.

الحل: لحساب الناقليّة الحرارية تستخدم العلاقة:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{S(t_1 - t_2)\tau} = \frac{76000 * 0.51}{25.5 * 27 * 24} = 2.346 \text{ kJ/m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}^\circ$$

كيلوجول  
م مبادرّة

أو  $0.65 \text{ wt/m} \cdot \text{C}^\circ$  مبادرّة

حرّة  
مبادرّة

المسألة رقم 30:

إذا علمت أن الوزن الحجمي لمادة الفايبر  $\gamma_0 = 500 \text{ kg/m}^3$  في الحالة الجافة وعند درجة الحرارة  $t = 25^\circ\text{C}$  الناقليّة الحرارية للفايبر تساوي  $\lambda = 0.1 \text{ wt/m} \cdot \text{C}^\circ$ ، أوجد القيمة الحسابية للناقليّة الحرارية:

(1) عند درجة حرارة  $t = 0^\circ\text{C}$

(2) عند درجة حرارة  $t = 25^\circ\text{C}$  ورطوبة  $W = 20\%$

الحل: لحساب الناقليّة الحرارية عند درجة حرارة صفر  $0^\circ$  نستخدم العلاقة:

$$\lambda = \lambda_0 (1 + 0.0025t)$$

حيث:  $\lambda_0$  الناقليّة الحرارية عند درجة الحرارة  $0^\circ$  مئوية.

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_t}{(1+0.0025t)} = \frac{0.1}{1+0.0025*25} = 0.094 \frac{\text{حرارة}}{\text{م.درجة}}$$

ولحساب تأثير الرطوبة على الناقلية الحرارية يمكن استخدام العلاقة المبسطة:

$$\lambda_w = \lambda + \Delta\lambda_{w_0}$$

حيث:  $\lambda_w$  الناقلية الحرارية للمادة في الحالة الرطبة.

$\Delta\lambda$  تحوّل الناقلية الحرارية (ازديادها) عند ازدياد الرطوبة مقدار 1% حجماً والتي تساوي للمواد غير العضوية 0.0023 لدرجات الحرارة الموجبة، وللسالبة تساوي 0.0046 وللمواد العضوية لدرجات الحرارة الموجبة 0.0035 والسالبة 0.0046  $W_0$  الرطوبة حجماً.

$$W_0 = W\gamma_0 = 20*0.5 = 10\%$$

$$\lambda_w = 0.1 + 0.0035*10$$

$$= 0.13 \frac{\text{حرارة}}{\text{م.درجة}}$$

### المسألة رقم 31:

جدار من البيتون الخلوي مساحته  $S=20\text{m}^2$  وسماكته  $\varepsilon=25\text{cm}$  والوزن الحجمي للبيتون الخلوي  $\gamma_0=600\text{kg/m}^3$  وجدار آخر من الخشب له نفس الوزن الحجمي والأبعاد. ما هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجدار البيتوني من  $t_2=10^\circ\text{C}$  إلى  $t_1=30^\circ\text{C}$  وكذلك للجدار الخشبي إذا علمت أن عامل السعة الحرارية للبيتون الخلوي

$$C_p=1.9\text{kJ/kg.C}^\circ \text{ وللخشب } C_b=0.838 \frac{\text{كجول}}{\text{كغ.درجة}}$$

$$Q = C * m (t_1 - t_2) = \text{كمية الحرارة}$$

حيث:  $m$  كتلة المادة المراد تسخينها.

إن كتلة الجدار البيتوني وكذلك الجدار الخشبي متساوية وتساوي:

$$m = S\delta\gamma_0 = 20*0.25*600 = 3000\text{kg}$$

كمية الحرارة اللازمة لتسخين البيتون الخلوي:

$$Q_b = 0.838 * 3000 * 20 = 50280 \text{ kj}$$

$$Q_p = 1.9 * 3000 * 20 = 114000 \text{ kj} \text{ وللجدار الخشبي:}$$

المسألة رقم 32:

ما هي كمية الحرارة (كيلو جول) اللازمة للتسخين من  $t_2 = 15^\circ\text{C}$  إلى  $t_1 = 95^\circ\text{C}$  وذلك لجدار من البيتون الغازي أبعاده  $3.1 \times 2.7 \times 0.3 \text{ m}$  والوزن الحجمي للبيتون الغازي  $\gamma_0 = 850 \text{ kg/m}^3$  والرطوبة الحجمية  $W_0 = 20\%$  وذلك إذا علمت أن عامل السعة الحرارية للبيتون الغازي في الحالة الجافة  $C_d = 0.92 \text{ kj/kg.C}^\circ$

الحل: رطوبة البيتون الغازي بالوزن:

$$W = W_0 / \gamma_0 = 20 / 0.85 = 23.5\%$$

السعة الحرارية للبيتون الغازي في الحالة الرطبة

$$C_w = C_d + 0.042 W = 0.92 + 0.042 * 0.235 =$$

$$C_w = 1.9 \text{ kj/kg.C}^\circ$$

$$U_b = 3.1 * 2.7 * 0.3 = 2.5 \text{ m}^3 \text{ حجم الجدار من البيتون الغازي}$$

$$m_b = U_b * \gamma_0 = 2.5 * 850 = 2125 \text{ kg} \text{ كتلة الجدار من البيتون الغازي}$$

$$Q = C_w m_b (t_1 - t_2) = \text{كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجدار}$$
$$Q = 1.9 * 2125 (95 - 15) = 323000 \text{ kj}$$

المسألة رقم 33:

ما هي سرعة انتشار الحرارة في البيتون الخلوي والخشب وكلاهما بوزن حجمي

$$\gamma_0 = 600 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_b = 0.5 \frac{\text{حرارة}}{\text{م.درجة}} \text{ إذا علمت أن معامل ناقلية الحرارة للبيتون الخلوي}$$

$$\lambda_p = 0.15 \text{ Wt/m.C}^\circ \text{ وللخشب}$$



وعامل السعة الحرارية للبيتون الخلوي  $C_b = 0.838 \text{ kJ/kg.C}^\circ$

وعامل السعة الحرارية للخشب  $C_p = 1.9 \frac{\text{كيلوجول}}{\text{كغ.درجة}}$

$$\alpha_b = \lambda_b / (C_b \gamma_0) = \text{الحل: إن سرعة انتشار الحرارة (تغير الحرارة) للبيتون الخلوي} \\ = \frac{0.5 * 3.6}{0.838 * 600} = 0.0036 \text{ m}^2/\text{h}$$

$$\alpha_p = \lambda_p / (C_p \gamma_0) = \text{وللخشب} \\ = \frac{0.25 * 3.6}{1.9 * 600} = 0.000789 \text{ m}^2/\text{h}$$

المسألة رقم 34:

إذا كان الطول البدائي لقضبان فولاذية تحتوي على نسب مختلفة من النيكل Ni متساوياً عند درجة حرارة  $t_1 = 20^\circ \text{C}$  ويساوي  $L_0 = 500 \text{ mm}$ .

وإذا علمت أن معامل التمدد الطولي للفولاذ  $\alpha_t = 11.5 \times 10^{-6}$  عند نسبة Ni تساوي 20% وهذا المعامل يساوي  $\alpha_t = 5.04 \times 10^{-6}$  عند نسبة Ni تساوي 30.4% ويساوي هذا المعامل  $\alpha_t = 0.9 \times 10^{-6}$  والوحدة  $\text{grad}^{-1}$  عند نسبة النيكل تساوي 36.1%.  
فما هي أطوال العينات الفولاذية عند درجة حرارة  $t_2 = 300^\circ \text{C}$

الحل: يمكن حساب الطول الجديد للعينات  $L_1$  باستخدام علاقة معامل التمدد الخطي الحراري

$$\alpha_t = \frac{L_1 - L_0}{L_0 (t_2 - t_1)} \Rightarrow L_1 = \alpha_t L_0 (t_2 - t_1) + L_0$$

$$L_1 = \alpha_t L_0 (t_2 - t_1) + L_0$$

وللعينات الفولاذية بنسبة Ni = 20

$$L_1 = (11.5 * 5 * 28) * 10^{-3} + 500 = 501.61 \text{ mm}$$

وللعينات الفولاذية بنسبة Ni = 30.4%

$$L_1 = (5.04 * 5 * 28) * 10^{-3} + 500 = 500.7 \text{ mm}$$

وللعينات الفولاذية بنسبة نيكل 36.1%

$$L_1 = (0.9 * 5 * 28) * 10^{-3} + 500 = 500.13 \text{ mm}$$

### مسائل غير محلولة - الخواص الفيزيوجحرارية

#### مسألة 27:

باستخدام علاقة نكراسوف: (المرجع 1)

احسب الناقلية الحرارية لبعض المواد الطبيعية:

- الغرانيت ذو الوزن الحجمي  $\gamma_0 = 2500 \text{ kg/m}^3$

- الحجر الرملي  $\gamma_0 = 1800 \text{ kg/m}^3$

- الحجر الكلسي  $\gamma_0 = 1100 \text{ kg/m}^3$

- التورب  $\gamma_0 = 800 \text{ kg/m}^3$

#### مسألة 28:

احسب كم مرة تزداد سرعة انتشار الحرارة في جدران البيتون الثقيل أبعاده

$3 \times 2 \times 0.6 \text{ m}$  وكتلته  $8.3 \text{ t}$  ورطوبته  $5\%$  وذلك بالمقارنة مع جدار من البيتون الخفيف

لخصويات شبيه أبعاده  $4 \times 2 \times 0.4 \text{ m}$  كتلته  $4 \text{ t}$  ورطوبته  $8\%$ ، إذا علمت أن ناقلية الحرارة

للبيتون الثقيل في الحالة الجافة تساوي  $1.2 \text{ wt/m}^\circ \text{C}$  والسعة الحرارية له  $1.1 \text{ kJ/kg}^\circ \text{C}$

والناقلية الحرارية للبيتون الخفيف في الحالة الجافة  $0.45 \text{ wt/m}^\circ \text{C}$  والسعة الحرارية له

$0.85 \text{ kJ/kg}^\circ \text{C}$

#### مسألة 29:

إذا علمت أن التركيب الكيميائي لزجاج النوافذ العادي هو  $\text{SiO}_2 - 73\%$

$\text{K}_2\text{O} - 1; \text{Al}_2\text{O}_3 - 1; \text{MgO} - 4; \text{CaO} - 8; \text{Na}_2\text{O} - 13;$  وكتافته  $2.5 \text{ gr/cm}^3$

فإذا استخدمت قاعدة جمع الناقلية الحرارية لعناصره المكونة له مع القيم المعطاة كما يلي

بحساب الناقلية الحرارية للزجاج.

الأوكسيد	$\lambda \times 10^3$	$C \times 10^2$
SiO <sub>2</sub>	8.72	0.8
CaO	11.63	0.79
MgO	13.37	1.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.7	0.87
Na <sub>2</sub> O	12.8	1.12
K <sub>2</sub> O	5.8	0.78

المطلوب احسب (التمرير الحراري) سرعة انتشار الحرارة مع ملاحظة أن قيمة  $\lambda$  معطاة

بـ  $wt/m.C^\circ$  وقيمة  $C$  (السعة الحرارية النوعية) معطاة بـ  $jz/gr.C^\circ$   $\frac{\text{جول}}{\text{غ.درجة}}$

مسألة 30:

احسب النسبة المئوية للاستطالة (الاستطالة النسبية) لقضيب طوله البدائي 50cm وقد تم

تسخينه من درجة 20°C إلى درجة 100°C

- في حالة كون هذا القضيب من الزجاج العادي ومعامل التمدد الخطي  $(\alpha_t \times 10^7) = 9.5$ .

- في حالة كون هذا القضيب مصنوعاً من الزجاج الكوارتزي ذي معامل التمدد الخطي

$$(\alpha_t \times 10^7) = 5.6.$$

- في حالة كان هذا القضيب مصنوعاً من الفولاذ ذي معامل التمدد الخطي

$$(\alpha_t \times 10^7) = 117$$

- وفي حالة كان هذا القضيب مصنوعاً من الألمنيوم ذي معامل التمدد الخطي

$$(\alpha_t \times 10^7) = 235 \text{grad}^{-1}$$

## 1.4 خواص فيزيائية وهندسية عامة

مسائل محلولة:

المسألة رقم 35:

مصروف المواد لـ  $1m^3$  من الخلطة البتونية الإسمنت  $C=300kg$ ; الرمل  $S=600kg$

البحص  $G=1200kg$ ; الماء  $W=150L$ .

احسب معامل السعة الحرارية النوعية  $C_b$  للخلطة البيتونية إذا علمت أن معامل السعة الحرارية للمواد المكونة للخلطة: إسمنت + رمل + بحص بالتساوي ويساوي افتراضاً  $0.2 \text{ kcal/kg.grad}$  أو  $0.2 \frac{\text{كيلو كالوري}}{\text{كغ-درجة}}$

الحل: يمكن استنتاج العلاقة اللازمة من التفكير بالمنطق التالي: إنه إذا تم تسخين كافة المواد المكونة للخلطة البيتونية بواقع درجة مئوية واحدة من  $0^\circ$  إلى  $1^\circ$  فإن درجة حرارة الخلطة البيتونية بعد الخلط والتحريك (دون حساب الضياع في الحرارة) ستكون أيضاً بزيادة درجة واحدة. وهنا يمكن القول أن احتياطي الحرارة في الخلطة البيتونية يساوي إلى مجموع الاحتياطي في مكونات هذه الخلطة وهكذا:

$$\gamma_{0b} * C_b * 1 = C * C_c * 1 + S * C_s * 1 + G * C_G * 1 + W * C_W * 1$$

حيث:  $\gamma_{0b}$  الوزن الحجمي للخلطة البيتونية  $\text{kg/m}^3$ .

-  $C = C_c = C_s = C_G = 0.2 \frac{\text{ك. كالوري}}{\text{كغ-درجة}}$  وهو على التوالي السعة الحرارية النوعية لكل من الاسمنت والرمل والبحص

$$C_W = 1 \frac{\text{k calory}}{\text{kg.grad}}$$

ومنه السعة الحرارية النوعية للخلطة البيتونية:

$$C_b = \frac{0.2(C + S + G) + W}{\gamma_{0b}} \quad \Leftrightarrow \text{وبالتعويض}$$

$$C_b = 0.253 \text{ k.calory / kg.grad}$$

### المسألة رقم 36:

في إحدى صالات الإنتاج الصناعي كانت قيمة حد الضجيج  $L = 80 \text{ dB}$  وفي غرفة المراقبة يسمح بحد ضجيج قيمته  $L_p = 20 \text{ dB}$  حيث يفصل بين الصالة وغرفة المراقبة جدار أبعاده  $2.7 \times 5 \text{ m}$

- ما هي القيمة الوسطية لعزل الصوت ( $R_{SR}$ ) التي يجب أن تتمتع بها مادة الجدار؟
  - وما هي سماكة الجدار عندما يكون الجدار من البتون الثقيل؟
  - وما هي سماكته عندما يكون من البتون الخفيف بمحصولات شهباء؟
  - وما هي سماكته عندما يكون من الطابوق القرميدي؟
- وكيف تتغير خاصية عزل الصوت لهذا الجدار بتغير الوزن الحجمي للمادة المكونة له، إذا علمت أن الوزن الحجمي للمواد هي على التوالي  $1200 \text{ kg/m}^3$ ;  $2400 \text{ kg/m}^3$ ;  $1700 \text{ kg/m}^3$ ؟

الحل: القيمة الوسطية لعزل الصوت تحسب من العلاقة:

$$R_{SR} = L - L_p + 10 \lg \frac{F}{A} \text{diseBL}$$

حيث:  $L_p$  الحد المسموح للضجيج في المكان المعزول مقدرة بالديسيبل

$F$  مساحة السطح العازل للضجيج في المكان المعزول  $\text{m}^2$

$A$  الكمية الكاملة للضجيج والتي يمتصها المكان المعزول  $\text{m}^2$

من الجداول الخاصة نأخذ:  $L_p = 20 \text{ diseBL} \Rightarrow A = 4 \text{ m}^2$

وعندها:

$$R_{SR} = 80 - 20 + 10 \lg \frac{2.7 \times 5}{4} = 65.28 \text{ diseBL}$$

بالنسبة للجدران بوزن أكبر من  $2000 \text{ kg}$  للمتر المربع الواحد ترتبط القيمة الوسطية لعزل

الضجيج بوزن المتر المربع الواحد للجدار ويرمز له بـ  $G$  وتحسب بالعلاقة:

$$R_{SR} = 14.5 \lg G + 15$$

ونلاحظ أنه لقيمة  $R_{SR} = 65.28 \text{ diseBL}$

يكون  $G = 588 \text{ kg/m}^2$

وبالعودة إلى الأوزان الحجمية يجب أن تكون سماكة الجدران كالتالي:

- للببتون الثقيل ذي الوزن الحجمي  $2400 \text{ kg/m}^3$

سماكة الجدار  $= a$

$$a = \frac{G}{\gamma_{ob}} = \frac{588}{2400} = 24.5 \text{ cm}$$

- للبيتون الخفيف بمحصولات شهيا ذي الوزن الحجمي  $1200 \text{ kg/m}^3$  سماكة الجدار a

$$a = 588/1200 = 49 \text{ cm}$$

- للطابوق القرميدي ذي الوزن الحجمي  $1700 \text{ kg/m}^3$  سماكة الجدار a

$$a = 588/1700 = 34.7 \text{ cm}$$

### المسألة رقم 37:

ما هي سماكة الورقة الإسمنتية (الطينة) اللازمة لجدار مزدوج منفذ من طبقتين من البلوك الاسمنتي بينهما فراغ مملوء بالرمل إذا علمت أن نفاذية الهواء للطينة الإسمنتية كما هي لجدار من الطابوق القرميدي سماكته 51 cm ويمكن حذف قيمة نفاذية الهواء بالنسبة لجدار البلوك الاسمنتي وعدم إدخالها في الحسابات. المسألة تسمح ببعض الافتراضات وهدفها استبدال الطابوق القرميدي جيد العزل بالبلوك الاسمنتي مع الطينة المتوفرة بشكل أكبر وسهولة تنفيذه.

الحل: إن كمية الهواء الذي ينفذ من خلال سماكة معينة يحسب بالعلاقة:

$$V = M \frac{F(P_1 - P_2)Z}{n} \quad \text{m}^3$$

حيث: M معامل نفاذية الهواء  $\text{دم}^3/\text{م.سا.م.م}$  - عمود الماء

F مساحة الجدار  $\text{m}^2$

$P_1 - P_2$  ضغط الهواء من الجهتين المتعاكستين لسطح الجدار ويقدر بالم.م. عمود الماء

a سماكة الجدار m

Z زمن التجربة ساعة

وبما أن حجم الهواء الذي يمر من طبقة الطينة (الورقة الإسمنتية) هو نفس حجم الهواء الذي يمر من جدار الطابوق القرميدي كما جاء في شروط المسألة لذا يمكن الحساب كما

يلي:

$$M_1 \frac{F_1 (P_1 - P_2)}{a_1} = M_2 \frac{F_1 (P_1 - P_2)}{a_2}$$

ونستخدم الرموز مع الكود 2 للورقة الإسمتية (الطينية)

ونستخدم الرموز مع الكود 1 لجدار البلوك القرميدي

فإذا اعتبرنا أن معامل نفاذية الهواء للطينية  $M_2 = 0.04$  ومعامل نفاذية الهواء للطابوق

القرميدي  $M_1 = 0.35$  وبجمل المعادلة بالنسبة إلى  $a_2$  نحصل على:

$$a_2 = a_1 \frac{M_2}{M_1} = 0.51 * \frac{0.04}{0.35} = 0.06m$$

سمائة الطينة (الورقة الإسمتية)  $a_2$

$$a_2 = 6cm$$

### المسألة رقم 38:

احسب درجة ضياع الإشعاع  $\gamma$  بطاقة مقدارها 2.5MEV خلال مرور هذا الإشعاع من جدار من الرصاص، وخلال مرور نفس الإشعاع بنفس الطاقة من البيتون الثقيل، ومروره من طبقة حماية من التربة، ومروره من جدار من الخشب إذا كانت سمائة الجدران المذكورة متساوية وتساوي 0.15m. علماً أن الوزن الحجمي لهذه المواد على التوالي للرصاص بغرض التصفيح  $7.85t/m^3$  للبيتون الثقيل  $2.3t/m^3$  وللتربة  $1.65t/m^3$  وللخشب  $0.68gr/cm^3$ .

الحل: إن ضياع (تضاؤل) الإشعاع يتم بدرجات تبعاً لسمائة وطبيعة المادة التي يمر منها ويمكن حساب درجة الضياع للإشعاع  $\gamma$  إما بواسطة المنحني في هذه المسألة (الشكل رقم 3) أو بواسطة العلاقة التالية:

$$n = 2^{\frac{x}{d}}$$

حيث: x سمائة المادة cm

d هو السمائة اللازمة من المادة لإضعاف الإشعاع وإضعافه (تضاؤله). بمقدار النصف وهي تساوي لإشعاع  $\gamma$  بطاقة 2.5MEV:

$$d = \frac{23}{\gamma_0} \cdot \text{cm}$$

حيث:  $\gamma_0$  الوزن الحجمي للمادة المستخدمة لامتصاص الإشعاع  $\text{gr/cm}^3$  ومنه السماكة  $d$  للدرع الرصاص:

MEV هي ميغا واط كهربائي، أي وحدة تساوي مليون واط كهربائي.

$$d = \frac{23}{7.85} = 2.84 \text{ cm}$$

والسماكة  $d$  التي تؤمن ضياع الإشعاع بمقدار النصف إذا كانت المادة من البيتون الثقيل:

$$d = 10 \text{ cm} \text{ للبيتون الثقيل}$$

والسماكة  $d$  التي تؤمن ضياع (تضاؤل) الإشعاع بمقدار النصف إذا كانت مادة الحماية من التربة:

$$a = 14 \text{ cm}$$

وإذا كانت المادة من الخشب فإن السماكة  $d$  اللازمة لضياع (تضاؤل) الإشعاع بمقدار النصف.

$$d = 35 \text{ cm}$$

ومنه فإن درجة ضياع (تضاؤل) الإشعاع لسماكة  $15 \text{ cm}$

$$n = 2^{\frac{15}{2.84}} = 38.4 \text{ - للتصفيح (الرصاص):}$$

$$n = 2.82 \text{ - للبيتون الثقيل:}$$

$$n = 2.1 \text{ - لطبقة التربة:}$$

$$n = 1.345 \text{ - لطبقة الخشب:}$$

a لإشعاع  $\gamma$  بطاقة 2.5MEV (الشكل 3)

b لإشعاع  $\gamma$  بطاقة 1.2MEV

حيث: MEV هي ميغا واط كهربائي - أي وحدة تساوي مليون واط كهربائي



### المسألة رقم 39:

تم تغطية ملجأ واقٍ من الإشعاع بطبقة من التربة بسماكة 1.2m وكان مقدار الإشعاع المسلط على الملجأ من الخارج -  $D_{ou} = 13000 \text{ R (rengent)}$  فإذا علمت أن الوزن الحجمي للتربة المستخدمة هي:  $\gamma_0 = 1.7 \text{ gr/cm}^3$  فاحسب مقدار الإشعاع  $\gamma$  داخل الملجأ  $D_{DO}$ .  
- R وحدة قياس الإشعاع.

الحل: إن قيمة d - السماكة اللازمة من المادة (التربة) لإضعاف (تضاؤل) الإشعاع بمقدار النصف ولهذا النوع من التربة هي:

$$d = \frac{23}{1.7} = 13.5 \text{ cm} \Rightarrow n = 2^{\frac{120}{13.5}} = 461$$

ومنه فإن مقدار الإشعاع  $D_{DO}$  داخل الملجأ:

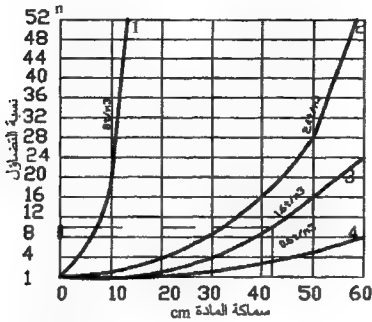
$$D_{DO} = \frac{D_{ou}}{n} = \frac{13000}{461} = 28.3 \text{ R (rengent)}$$

### المسألة رقم 40:

إذا علمت أن مقدار الإشعاع على طرف ملجأ يساوي  $1.2 \cdot 10^4 \text{ R (rengent)}$  فاحسب من أية مادة (البيتون الثقيل، الخشب، التربة) يجب تنفيذ هذا الملجأ وبأقل سماكة X للجدران والسقف والتي يجب أن تؤمن مقدار  $\gamma$  من الإشعاع يساوي (رينغن) 50 R.

الحل: إن درجة الضياع (التضاؤل) المطلوبة n تساوي

$$n = \frac{D_{ou}}{D_{DO}} = \frac{12000}{50} = 240$$



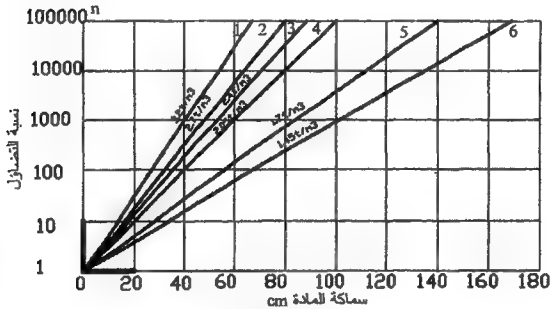
1. تصفيح  $\gamma_0 = 8t/m^3$

2. بيتون  $\gamma_0 = 2.4t/m^3$

3. تربة  $\gamma_0 = 1.6t/m^3$

4. خشب  $\gamma_0 = 0.6t/m^3$

a)



1. بيتون خاص  $\gamma_0 = 3.2t/m^3$  a لإشعاع  $\gamma$  بطاقة 2.5MEV

2. بيتون خاص  $\gamma_0 = 2.7t/m^3$  b لإشعاع  $\gamma$  بطاقة 1.25MEV

3. بيتون  $\gamma_0 = 2.4t/m^3$

4. بيتون  $\gamma_0 = 2.05t/m^3$

5. طابوق قرميدي  $\gamma_0 = 1.7t/m^3$

6. طابوق قرميدي  $\gamma_0 = 1.45t/m^3$

الشكل (3): منحني لتحديد نسبة (درجة) التضاؤل لمواد مختلفة

ومنه فإن أقل سماكة تؤمن المحافظة على درجة الإشعاع داخل الملجأ كما ورد أعلاه  
SOR تساوي:

$$X = 3.3 d \lg n = 3.3 * 10 * \lg 240 = 78.8 \text{ cm} \quad \text{– للبيتون الثقيل}$$

$$\text{– للتربة:}$$

$$X = 3.3 d \lg n = 3.3 * 14 * \lg 240 = 110 \text{ cm}$$

للخشب فإنه وبالعودة إلى المسألة السابقة حيث  $d$  للخشب تساوي  $35 \text{ cm}$  وبالتعويض  
فإن أقل سماكة تؤمن المطلوب هي:

$$X = 3.3 * 35 * \lg 240 = 275 \text{ cm}$$

إذن تكون المادة المناسبة بأقل سماكة هي مادة البيتون الثقيل

#### المسألة رقم 41:

تم تنفيذ ملجأ ضد الإشعاع بجدران وسقف من البيتون الثقيل بسماكة  $1 \text{ m}$  وتم إكساء  
هذه الجدران والسقف بطبقة من التربة بسماكة  $1.2 \text{ m}$ .

احسب نسبة التضاؤل (الضياح) للأشعة  $\gamma$  بشكل كامل للطبقتين معاً.

الحل: إذا أردنا حساب نسبة التضاؤل الكلية  $n$  لعدة مواد نسبة التضاؤل للمادة الأولى  
 $n_1$  وللمادة الثانية  $n_2$  ..... وهكذا فإن نسب التضاؤل الكلية  $n = n_1 * n_2 \dots n_n$

ومنه فإن:

$$n_1 \text{ للتربة: } n_1 = 2^{\frac{120}{14}} = 373$$

$$n_2 \text{ للبيتون: } n_2 = 2^{\frac{100}{10}} = 1024$$

ومثلما طبقنا قيمة  $d$  من المسائل السابقة فتكون نسبة التضاؤل الكلية  $n$ –

$$n = n_1 * n_2 = 373 * 1024 = 381952$$

#### المسألة رقم 42:

احسب العمق  $h$  الذي يمكن أن تصل إليه قذيفة مدفع إذا أصابت سطحاً من البيتون  
الثقيل، إذا كانت ماركة البيتون المستخدم  $500$  ووزن القذيفة  $m = 40 \text{ kg}$  وعتار القذيفة  
(قطرها الداخلي)  $0.2 \text{ m}$  وسرعة هذه القذيفة عند ارتطامها بالبيتون

$$V = 800 \text{ m/sec}$$

مع العلم أن المعامل الذي يأخذ بالحسبان شكل رأس القذيفة  $\lambda = 0.85$  وطبعاً ماركة البيتون 500 تعني أن هذا البيتون له مقاومة على الضغط بعمر 28 يوماً تزيد عن  $500 \text{ kg/cm}^2$  وهذا يسمح باستخدام معامل لمقاومة هذا البيتون للاختراق ويساوي K قيمته تتراوح من  $1.3 \cdot 10^{-6}$  إلى  $1.8 \cdot 10^{-6}$  وتتوخد القيم الكبرى لهذا المعامل عند القيم الأكبر للماركات ويمكن أن نعتمدها هنا  $1.7 \cdot 10^{-6}$ .

الحل: عمق اختراق القذيفة للبيتون h

$$h = K \frac{m}{d^2} V \lambda = 1.7 \cdot 10^{-6} * \frac{40}{0.2^2} * 800 * 0.85 = 115.5 \text{ cm}$$

المسألة رقم 43:

عند انفجار قذيفة قرب حاجز بيتوني تشكلت حفرة ناتجة عن الانفجار. احسب عمق هذه الحفرة h إذا كان وزن المادة المتفجرة في القذيفة  $G = 43 \text{ kg}$  وكانت المسافة بين مركز الشحنة الناسفة والسطح البيتوني  $L = 0.3 \text{ m}$  ومعامل مقاومة البيتون للانفجارات يتراوح بين 0.1 و 0.18.

ونعتمده هنا  $K = 0.15$

الحل: إن عمق الحفرة التي تشكلت نتيجة الانفجار h

$$h = K \sqrt[3]{G} - L$$

$$h = 0.15 \sqrt[3]{43} - 0.3 = 0.225 \text{ m}$$

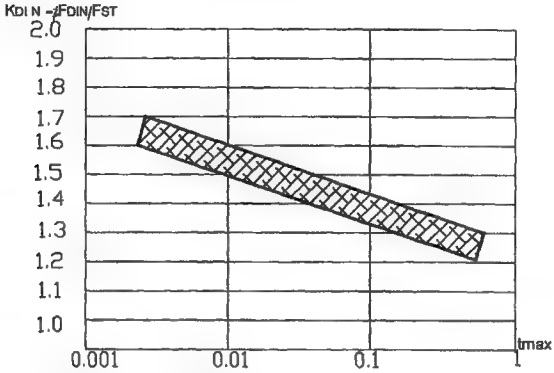
المسألة رقم 44:

ما هو عمق انغلاق البيتون h ذي الماركة 500 بعد تعرضه لانفجار قذيفة محملة بشحنة ناسفة وزنها  $G = 43 \text{ kg}$  وكانت المسافة بين مركز الشحنة وجدار الحماية البيتوني  $0.3 \text{ m}$ . إذا علمت أن معامل مقاومة البيتون للانغلاق K تتراوح قيمته بين 0.33 و 0.48 وقيمة هذا المعامل كبيرة للبيتون بمقاومات صغيرة والعكس صحيح.

الحل:

$$h = K\sqrt[3]{G} - L$$

$$h = 0.35\sqrt[3]{43} - 0.3 = 0.83\text{m}$$



الشكل (4): يبين علاقة مقاومة البوليمر والبلاستيك الإنشائي بزمان التحميل (المراجع 6)

#### المسألة رقم 45:

عرضنا عينات من البوليمر بيتون للاختبار الديناميكي فإذا علمت أن المقاومة الستاتيكية لهذا البيتون على الضغط تساوي  $F_{st} = 600\text{kg/cm}^2$ .

وكانت المدة اللازمة لانهيار العينة تحت اختبار الضغط الديناميكي في التجربة الأولى 0.1 ثانية وفي التجربة الثانية 0.01 ثانية. احسب في أي تجربة منهما كانت المقاومة الديناميكية أكبر ومقدر هذه الزيادة.

الحل: هناك علاقة بين المقاومة الديناميكية  $F_{din}$  والمقاومة الستاتيكية  $F_{st}$  وهي:

$$K_{din} = \frac{F_{din}}{F_{st}}$$

حيث:  $K_{din}$  معامل المثانة الديناميكي والذي يحدد من منحني علاقة مقاومات البوليمر

(الإنشائي) بزمن التحميل الشكل (4).

ومن الشكل (4) نجد أنه لزمن التحميل 0.1 ثانية فإن قيمة K معامل المتانة الديناميكي

$$K_{din} = 1.38$$

- ولزمن التحميل  $t = 0.01$  ثانية فإن قيمة  $K_{din}$  تساوي  $K_{din} = 1.56$  وذلك بأخذ القيمة الوسطية من المنطقة المظلمة.

$$F_{din} = 1.38 * 600 = 828 \text{ kg/cm}^2 \text{ يكون } t = 0.1 \text{ sec}$$

$$\text{ومن أجل } t = 0.01 \text{ sec يكون } F_{din} = 1.56 * 600 = 936 \text{ kg/cm}^2$$

ومن الواضح أن قيمة المقاومة الديناميكية في الاختبار الثاني أكبر بزيادة  $108 \text{ kg/cm}^2$ . وبالمقارنة مع المقاومة الستاتيكية فإنه من الواضح أن المقاومة الديناميكية أكبر في الاختبار الأول بـ  $228 \text{ kg/cm}^2$  وفي الاختبار الثاني أكبر بـ  $336 \text{ kg/cm}^2$ .

#### المسألة رقم 46:

منشأة من البيتون تعرضت لمدة 0.3 ثانية لتأثير موجة ضاربة ناتجة عن انفجار نووي

$$\text{حيث أحدثت هذه الموجة في المنشأة إجهاداً قدره } \sigma_{din} = 310 \text{ kg/cm}^2$$

هل ينهار هذا المنشأ إذا علمت أن المقاومة الستاتيكية للبيتون في هذه المنشأة تساوي

$$F_{st} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

الحل: إن علاقة مقاومة البيتون بزمن التأثير للحمولة معطى بالعلاقة:

$$F_{din} = F_{st} (1.6 - 0.151 \lg t) \quad (\text{المرجع 1})$$

حيث:  $t$  زمن تأثير الحمولة الديناميكية  $M \text{ sec}$  وحرف  $M$  يعني أنه يجب ضرب الزمن

برقم 100 لتحقيق لوغاريتمية العلاقة ومن هذه المعادلة:

$$F_{st} = \frac{310}{1.6 - 0.151 \lg (0.3 * 100)} = 252 \text{ kg/cm}^2$$

وهذه القيمة كما هو واضح أقل من المقاومة الستاتيكية المعطاة لبيتون المنشأة ولذلك فإن

هذه المنشأة لا تنهار.

#### المسألة رقم 47:

تتعرض منشأة بيتونية لدفق حراري  $q = 300 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$  بـ زمن مقداره 20 sec. ما هو مقدار الانحيار البيتون؟

الحل: إن حجم المادة المنهارة بتأثير التدفق الحراري يحسب من خلال حساب عمق هذا الانحيار  $h$  الذي تحدده الحرارة في المادة.

$$h = K_g \cdot q \cdot t \quad (\text{المراجع 3})$$

حيث:  $K_g$  معامل يتم استخدامه في حساب حجم المادة المنهارة بتأثير دفعة واحدة (تبار) من الحرارة وهذا المعامل يساوي للبيتون الثقيل  $K_g = 0.0006$  وللبيتون المقاوم للحرارة  $K_g = 0.0006 \text{ cm}^3 / \text{cal}$

$q$  كمية التيار الحراري  $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{sec}$

$t$  زمن تأثير التيار الحراري - sec - ثانية.

$$h = 0.0006 \cdot 300 \cdot 20 = 3.6 \text{ cm}$$

#### المسألة رقم 48:

احسب وقارن بين معاملات النوعية الإنشائية للزجاج البلاستيكي المسلح، الصوف الزجاجي، الخشب المعاكس (خشب مكون من طبقات)، الفولاذ. وذلك إذا كانت قيم الوزن الحجمي وحد المرونة لهذه المواد هي:

اسم المادة	الوزن الحجمي $\text{kg/m}^3$	حد المرونة بالشد $(\text{kg/cm}^2)$
الزجاج البلاستيكي المسلح	1900	9500
الصوف الزجاجي المقوى	1430	2800
الخشب المعاكس	1050	1100
الفولاذ St-3	7850	4150

الحل: إن معامل المتانة النوعية أو (النوعية الإنشائية)  $K$  يساوي نسبة حد المقاومة  $F$

للمادة إلى الوزن الحجمي لها.

$$K = \frac{F}{\gamma_0} \text{ أي:}$$

وكلما كانت قيمة  $K$  أكبر كانت المادة أكثر فاعلية وأنسب للاستخدام أي أن العناصر من هذه المادة ستكون أكثر رشاقة وأخف وزناً.

$$K = \frac{9500}{1900} = 5 \text{ وللزجاج البلاستيكي المسلح:}$$

$$K = \frac{4150}{7850} = 0.468 \text{ وللفولاذ St-3}$$

وبات من الواضح أن العنصر المصنوع من الزجاج البلاستيكي المسلح هو أقل وزناً من العنصر الإنشائي المصنوع من الفولاذ St-3: بمقدار  $10.7 = 5 \div 0.468$

### 1.5 خواص المتانة

المتانة: هي تمتع المادة بمقاومة الإجهادات الداخلية الناشئة عن تأثير القوى الخارجية عليها. ويتم قياس المتانة من خلال حساب حد المقاومة الذي يمثل الإجهاد الأعظمي الذي تنهار عنده عينة المادة.

وعادة ما يتم حساب حد المتانة على الضغط وعلى الشد والانعطاف لمواد البناء، تجريبياً من خلال تحضير عينات مكعبية أو أسطوانية أو موشورية ذات أبعاد تتحدد حسب المادة المختبرة.

حيث يتم التجريب على مكابس هيدروليكية بحساب الوسط الحسابي لثلاث عينات من المادة المختبرة.

ويمكن تحديد المتانة للمواد بطرق أخرى لا تعتمد كسر العينات حيث يتم حساب المتانة من خلال تشابه الخواص الفيزيوميكانيكية للمواد كالقساوة واللدونة وانتشار الأمواج وتردداتها وتعاملها في جسم المادة:

يمكن بواسطة المكابس الهيدروليكية اختبار حد المقاومة على الضغط لعينات مختلفة من المواد بدقة 0.1MPa ولكن ولاختلاف شكل وأبعاد العينات لابد من تصحيح قيم المقاومات



بعد الاختبار بضررها بمعامل تصحيح (انظر الكود العربي). وعليه يمكن اختبار عينات مكعبية مثلا بطول ضلع mm: 300; 200; 150; 100; 70.

ولاختبار حد المقاومة للانعطاف يجب استخدام عينات موشورية من المادة (بيتون رملي - مونة - قرميد - خشب) حيث توضع العينة على مسندين بطولها وهناك قوة مركزة (حمولة) تطبق في منتصف طول العينة، ويتم حساب حد المقاومة للانعطاف بالعلاقة:

$$F = \frac{3PL}{2bh^2}$$

حيث: L المسافة بين المسندين وهي تساوي L = 100mm للعينات الموشورية 40\*40\*160 mm المحضرة من خلطات من الاسمنت أو الجص أو الكلس أو البولييمر وتساوي L = 200 mm لعينات القرميد وتساوي L = 240 mm لعينات الخشب. b,h أبعاد مقطع العينة.

ولاختبار العينات الموشورية من البيتون والخشب على الانعطاف يتم تطبيق قوتين مركبتين بعد كل منهما عن المسند يساوي  $L \cdot (1/3)$  وتستخدم عندها العلاقة:

$$F = \frac{PL}{bh^2}$$

حيث: L تساوي L = 300 mm للمواشير 100\*100\*400 mm وتساوي L = 450 mm للمواشير 150\*150\*600 mm وتساوي L = 600mm للمواشير 200\*200\*800 mm.

أما القساوة (الصلادة) فتعرف بأنها قابلية المادة لمقاومة التشوه أو الانهيار تحت تأثير القوى المؤثرة عليها في جزء منها وتقاس برقم الصلابة (الصلادة) ويتعلق ذلك بطريقة الاختبار ومنها طريقة برينيل التي تعتمد تطبيق حمولة ضغط معروفة على كرة فولاذية لإدخالها في المادة المختبرة وإيجاد العلاقة بين هذه الحمولة وسطح الأثر الذي تتركه الكرة الفولاذية في جسم المادة المختبرة.

وطريقة روكفلر التي تعتمد ضغط مخروط من الألماس (أو كرة فولاذية) في جسم المادة وقياس عمق الأثر الذي يتركه.

وهناك طريقة فيكرس التي تلخص بضغط هرم من الألماس في سطح العينة المختبرة

ومن ثم قياس قطر الأثر المتبقي.  
والعلاقة المستخدمة لقياس القساوة:

$$HB = \frac{2F}{\pi \cdot D \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

حيث: D قطر الكرة الفولاذية.  
d قطر الأثر الذي تتركه الكرة في جسم العينة المختبرة.

F الحمولة المطبقة لغرس الكرة.

ويعرف الاهتراء بأنه: قابلية المادة للنقصان من كتلتها وحجمها تحت تأثير قوى الاهتراء.  
وفي تجارب الاهتراء يستخدم قرص الاهتراء لعينات (الببتون - البلاط - اللينوليوم - الزجاج المزوج - السيراميك ... إلخ). وتستخدم أسطوانة الاهتراء (جهاز لوس أنجلوس) لاختبار الاهتراء للحصويات وغيرها.

ويحسب الاهتراء u بالعلاقة:

$$u = \frac{m - m_1}{S}$$

حيث: m كتلة العينة قبل الاختبار.

m<sub>1</sub> كتلة العينة بعد الاختبار.

S مساحة السطح المعرض للاهتراء cm<sup>2</sup>.

حيث يؤخذ وسطي النتائج لثلاث عينات أو خمس عينات لاختبارات بلاطات السيراميك.

أما متانة (مقاومة) الصدم هي: قدرة المادة على مقاومة تأثير سريع خلال زمن قصير  
لحمولة مطبقة بطريقة الصدم.

وتتميز متانة الصدم بالعمل الذي تحمله الصدمة والذي يؤدي إلى انهيار العينة منسوباً إلى  
وحدة الحجم أو منسوباً لمساحة المقطع وتحسب بالعلاقة:

$$F = A/S$$

حيث: A العمل الذي يسبب انهيار العينة مقدراً بالجدول.

S مساحة مقطع العينة مقدراً  $\text{mm}^2$ .

ولقياس متانة (مقاومة) الصدم يستخدم نواس الصدم الذي يؤمن عملاً فيزيائياً مناسباً لاختبار الصدم يساوي العمل المؤدي للاهتزاز A والمساوي بدوره إلى الفرق بين احتياط الطاقة لنواس الصدم قبل الصدمة  $A_1$  وبين احتياط الطاقة المتبقي  $A_2$  بعد الصدمة المطبقة على العينة:

$$A = A_1 - A_2 = P (H - h)$$

حيث: P وزن نواس الصدم.

H الارتفاع الأولي قبل الصدم مقدراً بالمتر.

h الارتفاع النهائي للنواس بعد الصدم مقدراً بالمتر.

### مسائل محلولة

#### المسألة رقم 49:

احسب حد المتانة على الضغط لعينات:

أ) مكعبات بيتونية، عينات المونة الإسمنتية لبناء البلوك والحجر، عينات من الحجر الطبيعي -

رحياني - كلسي - تدمري - دولاميت - حجر ...

ب) عينة مركبة من قطعتين من الآجر تمثل كل منهما نصف آجرة بينهما مونة إسمنتية.

ج) أنصاف مواشير من مونة إسمنتية.

وذلك إذا علمت أن حمولة الاهتزاز P للحجر الطبيعي 600KN، وللبيتون 500KN،


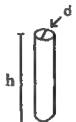
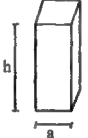
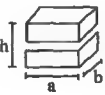
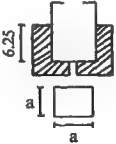
وللخشب 8KN، وللآجر 145KN، للمونة الإسمنتية مع الرمل 120KN، المونة لبناء البلوك

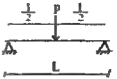

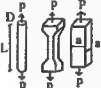

والحجر 25KN

وفي الجدول رقم (6) الأبعاد النظامية للعينات والعلاقات الحسابية اللازمة لحساب حد

المتانة على الضغط ومع اعتماد أبعاد العينة الحجرية للاختبار  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$

الجدول (6): العلاقات الحسابية اللازمة لحساب حد المتانة على الضغط والانعطاف والشد

العينة	المادة	شكل العينة	أبعاد العينة النظامية	العلاقة لحسابية لحد المتانة
مكعب	بيتون مونة حجر طبيعي		15 × 15 × 15 7.07 × 7.07 × 7.07 5 × 5 × 5 15 × 15 × 15	$F = P/a^2$
اسطوانة	بيتون حجر طبيعي		d = 15; h = 30 d = h = 5; 7; 10; 15	$F = \frac{4P}{\pi D^2}$
موشور	بيتون خشب		a = 10; 15; 20, h = 40, a = 2; h = 3	$F = \frac{P}{a^2}$
مركبة	آجر البناء		a = 12; b = 12, h = 14	$F = \frac{P}{S}$
نصف موشور	إسمنت		a = 4, S = 25 cm <sup>2</sup>	$F = \frac{P}{S}$

الانحناف $F = \frac{3PL}{2bh^2}$	$4 \times 4 \times 16$ ; $L = 10$ $12 \times 6.5 \times 25$ $L = 20$		إسمنت آجر البناء	موشور قرميد
الشد بالانحناف $F = \frac{PL}{bh^2}$	$15 \times 15 \times 60$ , $L = 45$ $2 \times 2 \times 30$ , $L = 24$		بيتون خشب	موشور
الشد المحوري $F = \frac{4P}{\pi D^2}$	$d = 1$ ; $L = 5$ , $L \geq 10d$ $5 \times 5 \times 50$ $10 \times 10 \times 80$		فولاذ بيتون	قضيب رقم ثمانية ∞ موشور
الشد بالفلق $F = \frac{2P}{\pi dL}$	$d = L = 15$		بيتون	اسطوانة

وبالعودة للجدول السابق رقم (6) يمكن حساب حد المتانة على الضغط كما يلي:

$$F = \frac{500 \cdot 10^4}{225} = 2.22 \cdot 10^4 \text{ kPa} = 22.2 \text{ MPa} \quad \text{— للبيتون}$$

$$F = \frac{25 \cdot 10^4}{50} = 0.5 \cdot 10^4 \text{ kPa} = 5 \text{ MPa} \quad \text{— للمونة لزوم بناء البلوك والقرميد والحجر}$$

$$F = \frac{600 \cdot 10^4}{225} = 2.66 \cdot 10^4 \text{ kPa} = 26.6 \text{ MPa} \quad \text{— للحجر الطبيعي}$$

$$F = \frac{145 \cdot 10^4}{144} = 1 \cdot 10^4 \text{ kPa} = 10 \text{ MPa} \quad \text{— للقرميد بأبعاد وحسب الجدول (5):}$$

$$F = \frac{120 \cdot 10^4}{25} = 4.8 \cdot 10^4 \text{ kPa} = 48 \text{ MPa} \quad \text{— للإسمنت:}$$

### المسألة رقم 50:

احسب حد المتانة بالانحناف لعينة طابوق سواميكي بأبعاد نظامية، ولعينة مونة إسمنتية، وكذلك لعينة بيتون، وعينة خشب وكافة الأبعاد النظامية لهذه العينات تؤخذ من الجدول

رقم (6) في المسألة السابقة رقم (49) وذلك إذا علمت أن الحمولة الكاسرة P للعينات مقدرة بالنيوتن N كما يلي:

للقرميد 1730؛ للمونة الإسمنتية 270؛ للبيتون 338؛ وللخشب 1417.

الحل: حد المتانة بالانعطاف:

$$F = \frac{3 \times 1730 \times 0.2 \cdot 10^6}{12 \times 42} = 2.06 \text{ MPa} \quad \text{- للطابوق السيراميكي:}$$

- للمونة الإسمنتية المستخدمة في بناء البلوك والقرميد والحجر:

$$F = \frac{3 \times 270 \times 0.1 \cdot 10^6}{16} = 5.06 \text{ MPa}$$

$$F = \frac{338 \times 0.45 \cdot 10^{-6}}{0.15 \times 0.225} = 4.5 \text{ MPa} \quad \text{- للبيتون:}$$

$$F = \frac{1417 \times 0.24 \cdot 10^6}{4} = 85 \text{ MPa} \quad \text{- للخشب:}$$

عندما يكون المقطع مربعاً يتم التقسيم على مربع طول الضلع لهذا المقطع في حالة الشد بالانعطاف.

### المسألة رقم 51:

احسب حد المقاومة على الشد الثلاثي المحاور لعينة قضيب فولاذي وموشور بيتوني، إذا كانت قوة الكسر P لعينة الفولاذ وكذلك عينة البيتون متساوية وتساوي  $P = 30 \text{ KN}$  علماً أن قياسات العينات موجودة في الجدول رقم (6) المسألة (49) وهذه المسألة قياسات الموشور البيتوني  $10 \times 10 \times 80 \text{ cm}$

$$F_F = \frac{4 \times 0.03 \cdot 10^4}{3.14 \times 1} = 380 \text{ MPa} \quad \text{الحل: حد المقاومة على الشد للفولاذ:}$$

$$F_b = \frac{0.03 \cdot 10}{100} = 3 \text{ MPa} \quad \text{حد المقاومة على الشد للبيتون:}$$

### المسألة رقم 52:

أفادت عينة قرميد تحت حمولة المكبس الهيدروليكي عند رقم للحمولة  $P = 40 \text{ KN}$ ، فإذا

علمت أن معامل التطرية للقرميد  $K = 0.9$  مساحة مقطع العينة المعرضة للضغط  $S_0$  أكبر من مساحة رأس المكبس الناقل للحمولة  $S_B$  بمرتين.  
احسب حد المقاومة على الضغط لعينة القرميد وهي بحالة الإشباع بالماء.

$$F = P \cdot S_B = 40 \cdot S_B \text{ القوة الكاسرة}$$

مقاومة عينة القرميد في الحالة الجافة:

$$F_d = \frac{F}{S_0} = \frac{40 \cdot S_B}{S_0} = \frac{40 \cdot S_B}{2 \cdot S_B} = 20 \text{ MPa}$$

حد المقاومة على الضغط لعينة القرميد في حالة الإشباع بالماء:

$$F_w = K \cdot F_d = 0.9 \cdot 20 = 18 \text{ MPa}$$

### المسألة رقم 53:

بلاطة من البيتون المسلح الشكل أبعادها  $4 \times 4 \times 0.4 \text{ m}$  تستند في زواياها الأربع على أربعة أعمدة من الآجر ارتفاع  $h = 6.5 \text{ m}$  مقطع العمود  $0.51 \times 0.51 \text{ m}$ ، وضع وعاء بيتونسي في مركز البلاطة من الأعلى وزن الوعاء فارغاً  $m_B = 87 \text{ kg}$  وحجم البيتون في الوعاء  $V_b = 0.85 \text{ m}^3$

احسب الضغط الذي تتعرض له الأعمدة عند منسوب قاعدتها إذا كان الوزن الحجمي للآجر  $\gamma_{0-K} = 1750 \text{ kg/m}^3$ ، للبيتون المسلح  $\gamma_{0-C} = 2500 \text{ kg/m}^3$ ، للبيتون  $\gamma_{0-b} = 2400 \text{ kg/m}^3$ .

$$\text{الحل: - كتلة البلاطة البيتونية المسلحة: } m_u = 2500 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 0.4 = 16000 \text{ kg}$$

$$\text{- كتلة الخلطة البيتونية في الوعاء: } m_b = V_B \cdot \gamma_{0-b} = 0.85 \cdot 2400 = 2040 \text{ kg}$$

$$\text{- كتلة البلاطة والحمولة (الوعاء البيتونسي + البيتون بداخله):}$$

$$M = m_u + m_b + m_B = 16000 + 2040 + 87 = 18127 \text{ kg}$$

$$\text{- الحمولة على كل عمود من الآجر: } P = M/4 = 18127/4 = 4600 \text{ kg} = 46 \text{ KN}$$

$$\text{- حمولة الوزن الذاتي لعمود الآجر:}$$

$$P_C = S \cdot h \cdot \gamma_{0-K} = 0.51 \cdot 0.51 \cdot 6.5 \cdot 1750 = 3000 \text{ kg}$$

$$F_K = 30 \text{ KN}$$

حيث: S مساحة مقطع العمود.

$$F_0 = P + P_C = 46 + 30 = 76 \text{ KN}$$

الحمولة الإجمالية على قاعدة كل عمود: -  
الضغط المتشكل عند قاعدة كل عمود:

$$P = \frac{F_0}{S} = \frac{76 \cdot 10^3}{0.51 \cdot 0.51} = 304 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 = 0.3 \text{ MPa}$$

المسألة رقم 54:

في مجمل بيتونسي يتم أخذ العينات من الخلطة المنتجة في الورديتين النهارية والمساوية وعلى مدى سبعة أيام. حيث يتم تصميم الخلطة البيتونية وإنتاجها لبيتون بماركة 200. احسب الانحراف الوسطي المعياري ومعامل تبعثر المقاومة إذا علمت أن نتائج اختبار العينات في الجدول رقم (7) التالي:

الجدول (7)

رقم العينة	المقاومة MPa	رقم العينة	المقاومة MPa
1	22.5	8	22.2
2	22.7	9	21.3
3	21.5	10	20.8
4	20.8	11	21.7
5	22.1	12	21.9
6	20.9	13	20.4
7	21.8	14	28.3

الحل: إن معامل التبعثر (التغير) لمقاومة البيتون تابع لتجانس هذا البيتون ويحسب من العلاقة:



$$C_v = \frac{S}{\bar{F}} * 100$$

حيث: S الانحراف الوسطي المعياري لتائج اختبارات الخرسانة (البيتون) والتي تختلف عن القيمة الوسطية لمقاومة البيتون (الخرسانة).

$$S = \sqrt{\frac{\sum (F_i - \bar{F})^2}{n-1}}$$

حيث:  $\bar{F}$  المقاومة المتوسطة للبيتون والتي تساوي المتوسط الحسابي لقيم التناات المأخوذة منفردة مستقلة  $F_i$

$$\bar{F} = \frac{308.9}{14} = 22.06 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{47.9}{13}} = 1.92 \text{ MPa} \quad \text{— الانحراف الوسطي المعياري:}$$

$$C_v = \frac{1.92}{22.06} * 100 \approx 9\% \quad \text{— ويكون معامل تبعثر مقومات البيتون } C_v:$$

#### المسألة رقم 55:

احسب معامل التناة النوعية (الجودة الإنشائية) للمواد الواردة، إذا علمت أن عينات من هذه المواد قد أعطت قيماً لحد المقاومة على الضغط وقيماً للأوزان الحجمية حسب ما هو وارد في الجدول التالي رقم (8):

الجدول (8)

المادة	حد المقاومة للضغط $F[\text{MPa}]$	الوزن الحجمي $\gamma_0[\text{kg/m}^3]$
الغرانيت	150	2700
الحجر الكلسي	60	1800
البيتون	60	2300
البيتون الخفيف	20	1200
القرميد السيراميكي	15	1800

500	90	خشب الشوح باتجاه الألياف
2550	600	الزجاج
7850	400	الفولاذ

الحل: إن معامل المتانة النوعية (الجودة الإنشائية) للمواد يحسب بنسبة حد المقاومة على الضغط إلى الوزن الحجمي لهذه المواد:

$$K = \frac{150}{2700} = 0.056 \quad \text{للغرانيت:}$$

$$K = \frac{60}{1800} = 0.033 \quad \text{للحجر الكلسي:}$$

$$K = \frac{60}{2300} = 0.026 \quad \text{للبيتون الثقيل:}$$

$$K = \frac{20}{1200} = 0.017 \quad \text{للبيتون الخفيف:}$$

$$K = \frac{15}{1800} = 0.008 \quad \text{القرميد السيراميكي:}$$

$$K = \frac{90}{500} = 0.18 \quad \text{لخشب الشوح:}$$

$$K = \frac{600}{2550} = 0.24 \quad \text{لزجاج النوافذ:}$$

$$K = \frac{400}{7850} = 0.051 \quad \text{للفولاذ:}$$

المسألة رقم 56:

تعرضت عينات مكعبية  $7.07 \times 7.07 \times 7.07 \text{ cm}$  من الغرانيت، والحجر الكلسي، والزجاج المزوج لتجربة الاهتراء.

ما هي كتلة هذه المكعبات بعد التجربة إذا علمت أن عامل إهتراء الغرانيت  $u = 0.04$  انظر الجدول رقم (2) ومعامل إهتراء الحجر الكلسي  $u = 0.8$  ومعامل إهتراء الزجاج المزوج

$$u = 0.02 \text{ g/cm}^2$$

$$\gamma_g = 2700 \text{ kg/m}^3 \quad \text{الوزن الحجمي للغرانيت}$$

$$\gamma_k = 1800 \text{ kg/m}^3 \quad \text{الوزن الحجمي للحجر الكلسي}$$

الوزن الحجمي للزجاج المزوج  $\gamma_z = 2650 \text{ kg/m}^3$

الحل: إن كتلة العينات بعد تجربة الاهتراء  $m_1$  يمكن حسابها من علاقة الاهتراء:

$$m_1 = m - u \cdot s$$

حيث:  $m$  كتلة العينة قبل إجراء تجربة الاهتراء مقدرة بالغرام

$s$  مساحة سطح الاهتراء

كتلة العينات قبل الاهتراء بالغرام  $gr$ :

$$m = 2.7 \cdot 353.5 = 954.5$$

$$m = 1.8 \cdot 353.5 = 636.3$$

$$m = 2.65 \cdot 353.5 = 936.8$$

$$S = 7.07 \cdot 7.07 = 50 \text{ cm}^2$$

كتلة العينات بعد التعرض للاهتراء بالغرام  $gr$ :

$$m_1 = 954.5 - 2 = 952.5$$

$$m_1 = 636.3 - 40 = 596.3$$

$$m_1 = 936.8 - 1 = 935.8$$

### المسألة رقم 57:

احسب الصلادة (الصلابة) بطريقة برينيل لمعدن سبائكي لصناعة العجلات للتعدين. إذا علمت أنه بنتيجة تجربة صلادة برينيل النظامية كان عمق اختراق الكرة الفولاذية ذات القطر  $d = 5 \text{ mm}$  مساويا  $h = 0.1 \text{ mm}$  علما أن رقم الصلادة بطريقة برينيل HB تحسب كضغط مطبق على وحدة للمساحة للأثر الكروي الذي تتركه عادة الكرة الفولاذية على سطح الجسم المختبر.

الحل: يمكن حساب مساحة السطح للأثر الكروي (التقعر) من العلاقة:

$$S = \pi d h = 3.14 \cdot 5 \cdot 0.1 = 1.57 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

وهناك علاقة بين الحمولة  $P$  والحمولة  $H$  من طرف وبين قطر الكرة الفولاذية  $\text{mm}$  من طرف آخر حيث قيمة  $P$  تساوي للمعادن السوداء  $P = 300d^2$ ، وتساوي قيمة  $P$  لكل من

النحاس والبرونز والنحاس الأصفر  $P = 100 \text{ d}^2$ ، ولألومنيوم والسبائك لزوم تصنيع العجلات  
وغيرها  $P = 25 \text{ d}^2$

- الحمولة على الكرة الفولاذية في آلة الاختبار:  $P = 25 * 25 = 625 \text{ H}$

- رقم الصلادة:  $\text{HB} = \frac{P}{S} = \frac{625 * 10^6}{1.57} = 398 * 10^6 \text{ Pa} = 398 \text{ MPa}$

### المسألة رقم 58:

عينة من الحجر الطبيعي ذات شكل أسطواناني  $D = 40 \text{ mm}$  والارتفاع  $h = 65 \text{ mm}$   
تعرض لتجربة اختبار المتانة بالطرق بسقوط مدقة الطرق على العينة في المختبر.  
فإذا كان وزن المطرقة  $P = 20 \text{ N}$  وانهارت العينة عند الضربة الثانية عشرة 12.  
احسب متانة الحجر الطبيعي على الطرق.

الحل: إن متانة المادة على الطرق تحسب بنسبة العمل اللازم لكسر العينة إلى وحدة  
الحجم لهذه المادة.

$$V = \frac{\pi D^2 h}{4} = \frac{3.14 * 4^2 * 6.5 * 10^{-6}}{4} = 81 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

والعمل اللازم لت هشيم العينة يساوي حاصل ضرب وزن المطرقة للجهاز بالمسافة التي  
تقطعها المطرقة للوصول إلى العينة. وعند القيام بهذا الحساب فإن الضربة الأخيرة لا تعد  
(تُحذف).

$$A = 20(1 + 2 + 3 + \dots + 11) = 13.2 \text{ N.m}$$

ومنه متانة الحجر الطبيعي على الطرق:

$$F_t = \frac{A}{V} = \frac{13.2 * 10^6}{81} = 0.163 * 10^6 \text{ Pa} = 0.163 \text{ MPa}$$

### مسائل غير محلولة (تدريبات) خواص المتانة

#### مسألة 31:

احسب حد المقاومة للضغط لعينات أسطوانية من البتون ومن الحجر الطبيعي أبعاد

الاسطوانة البيتونية  $d = 15 \text{ cm}$  ،  $h = 30 \text{ cm}$  ، وأبعاد الاسطوانة من الحجر الطبيعي  $d = h = 10 \text{ cm}$  ، الحمولة الكاسرة KN لعينات البيتون 650 ولعينات الحجر الطبيعي 780 .

#### مسألة 32:

عارضة خشبية بمقطع  $25 \times 15 \text{ cm}$  الارتفاع  $25 \text{ cm}$  موضوعة على مسندين المسافة بينهما  $3 \text{ m}$  تتعرض العارضة في وسطها لحمولة مركزة  $25 \text{ KN}$  تسببت في كسرها. احسب حد المقاومة على الانعطاف للخشب.

#### مسألة 33:

مكبس هيدروليكي مجهز بمرحلتين للتحميل المرحلة الأولى  $500 \text{ KN} = 50 \text{ t}$  والمرحلة الثانية  $1000 \text{ KN} = 100 \text{ t}$  والحمولة الكاسرة المتوقعة لاختبارات حد المتانة تتراوح بين  $0.2 - 0.8$  من الطاقة القصوى للمكبس والموافقة لمرحلة التحميل. ما هي مرحلة التحميل التي يجب استخدام المكبس فيها لحساب حد المقاومة على الضغط لعينات بيتونية مكعبية بأبعاد  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ .

#### مسألة 34:

هل يمكن تحديد حد المقاومة على الضغط لعينات من الحجر الغرانيتي بأبعاد  $5 \times 5 \times 5 \text{ cm}$  بواسطة مكبس هيدروليكي حمولته القصوى  $25 \text{ t}$  إذا كان حد المقاومة الأدنى المتوقع يساوي  $120 \text{ MPa}$ .

#### مسألة 35:

في مخبر لتجريب المواد لدينا ثلاثة مكابس هيدروليكية بحمولات قصوى  $(10; 25; 50 \text{ t})$ .

فإذا كان المطلوب اختبار عينات مكعبية تم تحضيرها من مونة تستخدم لبناء البلوك بأبعاد  $7.07 \times 7.07 \times 7.07 \text{ cm}$  ومكعبات بيتونية بأبعاد  $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$  وأنصاف مواشير محضرة من إسمنت ورمل خاص وأبعادها  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$  فما هي للمكابس المناسبة لكل من العينات

إذا كانت الماركات المتوقعة هي للمونة 25 وللبيتون 150 وللإسمنت مع الرمل الخاص 400.

### مسألة 36:

عتبة (جائز) من البيتون بأبعاد  $15 \times 15 \times 60$  cm يراد اختبارها على الانعطاف فإذا علمت أنه تم اختبار عينة أسطوانية من نفس البيتون المستخدم للعتبة (الجائز) بأبعاد القطر والارتفاع  $15 \times 15$  cm على الشد بالفلق (انظر الجدول رقم 5) انهارت الاسطوانة عند حمولة 11.5KN فما هي حمولة الانهيار للعتبة (الجائز)؟

طريقة للحل: يجب استخدام العلاقة التي تنص على أن:  $(F_{Ru}) = 1.5(F_{RR})$   
حيث:  $F_{Ru}$  حد المتانة للبيتون على الشد بالانعطاف.  
 $F_{RR}$  حد المتانة للبيتون على الشد بالفلق.

### مسألة 37:

احسب الحمولة اللازمة لتجربة قشيم عينة مكعبية من الزجاج بأبعادها  $0.5 \times 0.5 \times 0.5$  cm (وذلك باستخدام) القاعدة القائلة بأنه لحساب معامل المتانة النوعية للمادة المركبة يتم جمع معامل المتانة النوعية لكل مادة من مكوناتها. إذا علمت أن التركيب الكيميائي للزجاج على النحو التالي: % 72 -  $SiO_2$  - 6;  $CaO$  - 4;  $MgO$  - 15;  $Na_2O$  ولحساب حد المقاومة للضغط للزجاج تستخدم المعاملات: 12.3 -  $SiO_2$  - 2;  $CaO$  - 11;  $MgO$  - 6;  $Na_2O$ .

### مسألة 38:

ثلاثة أنواع من الزجاج تركيبيها الكيميائي على النحو التالي:  
للنوع الأول % 73 -  $SiO_2$  - 15;  $Na_2O$  - 8;  $CaO$  - 3;  $MgO$  - 1;  $Al_2O_3$ . وللنوع الثاني % 71 -  $SiO_2$  - 12;  $Na_2O$  - 8;  $CaO$  - 7;  $ZnO$  - 2;  $Al_2O_3$  وللنوع الثالث % 72 -  $SiO_2$  - 13;  $Na_2O$  - 8;  $CaO$  - 3;  $P_2O_5$  - 3;  $Al_2O_3$ .  
احسب وقارن حد المقاومة على الشد باستخدام القاعدة: (معامل المتانة النوعية للمادة المركبة يساوي مجموع عوامل المتانة النوعية لمكوناتها).  
وهذه المعاملات تساوي لتجربة شد الزجاج:

$P_2O_5 - 0.75$ ;  $ZnO - 1.5$ ;  $CaO - 2$ ;  $Al_2O_3 - 0.5$ ;  $SiO_2 - 0.9$ ;  $MgO - 0.1$ ;  $Na_2O - 0.2$

### مسألة 39:

بلاطة من البتون الخفيف (الغازي) بأبعاد  $3.1 \times 2.9 \times 0.3m$  وزنها  $2.15t$  ورطوبتها  $20\%$ .  
احسب حد المقاومة التقريبي على الضغط للبتون المذكور الذي تم تحضير البلاطة منه  
في الحالة الجافة بالميجا باسكال (MPa) باستخدام العلاقة:  $F_c = A\gamma_0^2$   
حيث: A معامل المتانة النوعية وهو يساوي لأنواع البتون المسامي (الخفيف) المحضر في  
الأوتوكلاف  $A = 10$ .

$\gamma_0$  الوزن الحجمي للبتون المسامي (الخفيف) مقدراً بـ  $gr/cm^3$ .

### مسألة 40:

كم مرة يمكن مضاعفة ارتفاع جدار بسماكة  $0.64m$  من القرميد ذي الوزن الحجمي  
 $\gamma_0 = 1800 kg/m^3$  إذا ما استبدلنا القرميد بمادة البتون الخفيف  $\gamma_0 = 1200 kg/m^3$ .  
علماً أن الإجهاد عند قاعدة الجدار عندما يكون قرميداً لا يزيد عن  $1.5MPa$  وعندما  
يكون من البتون الخفيف فالإجهاد لا يزيد عن  $5MPa$ .

### مسألة 41:

للتعرف على تجانس مادة ما وتمييزه من خلال قيمة معامل تشتت قيم المقاومات يمكن  
افتراض ما يلي:

عند قيمة معامل التشتت للمقاومة  $0.1$  يمكن اعتبار أن التجانس ممتاز.

وعند قيمة معامل التشتت للمقاومة  $0.15 \dots 0.1$  التجانس جيد.

وعند قيمة لهذا المعامل  $0.20 \dots 0.15$  التجانس مقبول.

وعند قيمة لهذا المعامل أكبر من  $0.2$  التجانس سيء.

المطلوب: مقارنة تجانس المقاومات للآجر المنتج في ثلاثة معامل للآجر إذا علمت أنه تم  
تحليل نتائج المقاومات لفترة محددة للمعامل الثلاث وتم حساب وسطي المقاومات ( $\bar{F}$ ) وتم  
حساب الانحراف الوسطي المعياري (S) لنتائج المقاومات في كل معمل وكانت النتائج على

النحو التالي للمعمل الأول:  $\bar{F}=10.5\text{MPa}$ ;  $S=0.85\text{MPa}$ .  
 للمعمل الثاني:  $\bar{F}=8.4\text{MPa}$ ;  $S=1.7\text{MPa}$ . وللمعمل الثالث:  $\bar{F}=14.1\text{MPa}$ ;  
 $S=2.1\text{MPa}$ .  
 للحل (انظر المسألة المحلولة رقم 54).

#### مسألة 42:

تم اختيار مجموعتين من العينات البيتونية المحضرة من بيتون عادي المقاومة لكن المجموعة الأولى لا تحتوي على ملدن، والمجموعة الثانية تحتوي على ملدن (يخفّض كمية ماء الخلط ويرفع الكثافة وبالتالي المقاومة أو تؤدي إضافة الملدن للإقتصاد بالإسمنت حيث يمكن سحب كمية من الإسمنت للحفاظ على ثابت W/C لانخفاض الماء عند الملدن نتيجة لوجود الملون بدلاً من رفع المقاومة ومنه أنواع كثيرة) وبينت نتائج الاختبار القيم التالية لحد المتانة على الضغط:

- للمجموعة الأولى (بدون ملدن)  $\text{MPa}$ : 23.1 ; 23.5 ; 21.3 ; 18.5 ; 20.5 ; 22.1 ; 18.9
- للمجموعة الثانية مع ملدن  $\text{MPa}$ : 22.5 ; 22.1 ; 20.9 ; 21.9 ; 19.5 ; 20.8 ; 21.4
- احسب معامل التبثر لمقاومات البيتون في كل مجموعة.
- بين بالأرقام التأثير الذي يتركه استخدام الملدن من حيث الاقتصاد في الإسمنت عن طريق انخفاض قيمة معامل التبثر.

إذا علمت أن حجم البيتون المصبوب لكل مجموعة  $500\text{m}^3$  ومن المعروف أن انخفاض قيمة معامل التبثر من 0.2 إلى 0.15 يؤدي إلى اقتصاد كمية 48kg لكل متر مكعب واحد 1 بيتون.

- ومن 0.15 إلى 0.1 يمكن اقتصاد 37kg من الإسمنت.
- ومن 0.1 إلى 0.05 يمكن اقتصاد 15kg من الإسمنت.
- للحل (انظر المسألة المحلولة رقم 54).

#### مسألة 43:

مجموعتان من عينات اللينوليوم بأبعاد  $20*20\text{mm}$  وسماكة 2mm تم تعريض المجموعتين إلى اختبار الاهتراء.



فإذا علمت أن المجموعة الأولى مكونة من اللينوليوم بطبقة واحدة والوزن الحجمي له  $1450 \text{ kg/m}^3$  ومعامل الاهتراء (الضياح) في الكتلة لهذا النوع  $0.05 \text{ gr/cm}^2$ .  
والجموعة الثانية يتكون فيها اللينوليوم من عدة طبقات وهو ذو وزن حجمي يساوي  $1500 \text{ kg/m}^3$  ومعامل إهتراء (الضياح في الكتلة)  $0.035 \text{ gr/cm}^2$ .  
المطلوب: احسب النقص في ارتفاع العينات لنوعي اللينوليوم بعد الاختبار.

#### مسألة 44:

عينة مكعبية بأبعاد  $7.07 \times 7.07 \times 7.07 \text{ cm}$  محضرة من مونة بناءية مكونة من الإسمنت والرمل وزنها  $720 \text{ gr}$ . تم تعريضها لاختبار الاهتراء على القرص وبعد 1000 دورة أصبح وزن العينة  $660 \text{ gr}$ .  
احسب اهتراء المونة بضياح وزنها نسبة لمساحة الوجه المعرض للاهتراء وكذلك الفاقد في الارتفاع.

### 1.6 خواص التشوه

#### مسائل محلولة

#### المسألة رقم 59:

ثلاث مجموعات من العينات الموشورية بأبعاد  $40 \times 40 \text{ mm}$  وطول  $l_0 = 160 \text{ mm}$ .  
المجموعة الأولى محضرة من عجينة إسمنتية فقط (إسمنت + ماء).  
المجموعة الثانية محضرة من عجينة إسمنتية وحصويات بنسبة 45 %.  
المجموعة الثالثة محضرة من عجينة إسمنتية وحصويات بنسبة 75 %.  
وأثناء تصلبها تعرضت كافة العينات إلى تقلص (انكماش) بسبب تبخر الماء وكانت قيمة التقلص عند فقدان 10 % و 20 % و 30 % هي على التوالي:  
بالنسبة لعينات المجموعة الأولى (العجينة الإسمنتية):  
- عند فقدان 10 % ماء قيمة التقلص  $1 \times 10^{-3}$

- عند فقدان 20 % ماء قيمة التقلص  $2 \times 10^{-3}$

- عند فقدان 30 % من الماء كانت قيمة التقلص  $2.8 \times 10^{-3}$

ولعينات المجموعة الثانية الحاوية على 45% حصويات قيمة التقلص كانت على التوالي:  
 $0.3 \times 10^{-3}$ ,  $0.55 \times 10^{-3}$ ,  $1 \times 10^{-3}$ ;

وعينات المجموعة الثالثة الحاوية على 75% حصويات كانت قيمة التقلص على التوالي:  
 $0.05 \times 10^{-3}$ ;  $0.07 \times 10^{-3}$ ;  $0.15 \times 10^{-3}$ ;

احسب التغير في طول العينات بالميكرومتر (الميكرون) وذلك بحسب درجات تبخر الماء.

الحل: لحساب التغير في طول العينات  $\Delta l$  بحسب درجة تبخر الماء أثناء التصلب (الجفاف) تستخدم العلاقة الحسابية الخاصة بتحديد التشوه الطولي  $\epsilon_t$  (التقلص):

$$\Delta l = l_1 - l_0 = \epsilon_t \cdot l_0$$

عند فقدان (تبخر): 10; 20; 30% من الماء فإن قيمة  $\Delta l$  لعينات العجينة الإسمنتية يجب أن تساوي:

$$\Delta l_1 = 160 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3} = 160 \text{ mkm (ميكرومتر)}$$

$$\Delta l_2 = 160 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-3} = 320 \text{ mkm}$$

(ميكرومتر)  $\Delta l_3 = 160 \times 10^3 \times 2.8 \times 10^{-3} = 448 \text{ mkm}$  وهكذا أيضاً نحسب قيمة التشوهات لعينات المجموعة الثانية 45 % حصويات حيث تبين أن:

$$\Delta l_1 = 48 \text{ mkm}$$

$$\Delta l_2 = 93.5 \text{ mkm}$$

$$\Delta l_3 = 160 \text{ mkm}$$

ولعينات المجموعة الثالثة الحاوية على 75% حصويات فإن التشوه:

$$\Delta l_1 = 8 \text{ mkm}$$

$$\Delta l_2 = 11.2 \text{ mkm}$$

$$\Delta l_3 = 24 \text{ mkm}$$

نتيجة: من الواضح أن وجود الحصويات يخفف من التشوهات للبيتون وكلما زادت نسبة

الحصويات قُلت التشوهات.

المسألة رقم 60:

ما هو القطر المطلوب لقضيب فولاذي طوله  $l_0 = 2.5m$  ليتحمل  $P = 6t$  ( $P = 60KN$ )  
احسب: الاستطالة المطلقة للقضيب  $\Delta l$  إذا علمت أن إجهاد الشد المسموح للفولاذ  
 $\sigma = 160MPa$  معامل المرونة  $E = 2 \cdot 10^5 MPa$ .

الحل: يمكن حساب مساحة مقطع القضيب ( $S$ ) من علاقة الإجهاد وبعدها يمكن حساب  
قطر القضيب  $d$ :

$$S = \frac{P}{\sigma} = \frac{60 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^6} = 0.37 \cdot 10^{-3} m^2$$

أو  $3.7cm^2$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.7}{3.14}} \approx 2.2cm$$
 ومنه:

ويمكن حساب استطالة القضيب من قانون هوك:  $E = \sigma/\epsilon$

حيث:  $\sigma = P/S$

$\epsilon = \Delta l/l_0$

وبالتعويض: الاستطالة المطلقة للقضيب الفولاذي  $\Delta l$

$$\Delta l = \frac{Pl}{ES} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 2.5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 0.37 \cdot 10^{-3}} \approx 0.002m = 2mm$$

المسألة رقم 61:

إذا كان الوزن الحجمي للبيتون الخفيف  $\gamma_{0b} = 1200kg/m^3$  وكان حد المتانة على الضغط  
لهذا البيتون  $\bar{F}_{bp} = 25MPa$ . المطلوب: مقارنة قيمة معامل المرونة الأولي للبيتون مع حد  
المتانة على الضغط له.

معطيات مساعدة للحل: إذا علمت أن معامل مرونة البيتون الثقيل يحسب بدلالة حد

المتانة على الضغط باستخدام العلاقة التجريبية التالية:  $E_b = \frac{52000 + \bar{F}_{bp}}{23 + \bar{F}_{bp}}$  ومعامل المرونة

للبيتون الخفيف (البيتون المحضر بحصىات خفيفة كحصىات شهباء مثلاً) يحسب بالعلاقة:  

$$E_b = 3100 * \gamma_{ob} \sqrt[3]{F_{bp}} \quad (\text{المرجع 2}).$$

الحل: إن معامل مرونة البيتون البدائي (اللحظي)  $E_b$  يمكن تفسيره أنه يوافق تحميل البيتون لقيم إجهادية لا تظهر عندها إلا التشوهات المرنة، ويمكن حساب هذا المعامل بالدقة الكافية باستخدام العلاقات أعلاه:

$$E_b = \frac{52000 * 25}{23 + 25} = 27083 \text{ MPa} \quad \text{للبيتون الثقيل:}$$

$$E_b = 3100 * 1.2 * \sqrt[3]{25} = 10899.6 \text{ MPa} \quad (\text{شهباء}):$$

### المسألة رقم 62:

احسب معامل المرونة لعينة لوح زجاجي تركيبها الكيميائي على النحو % 4.1 - MgO 14.9 - Na<sub>2</sub>O 71.8 - SiO<sub>2</sub> 2.2 - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7 - CaO التالي علماً أن قيم المعاملات اللازمة للحساب هي: 700 - SiO<sub>2</sub> 1800 - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 700 - CaO 400 - MgO 610 - Na<sub>2</sub>O.

الحل: يجب أن يتوافق الحل مع القاعدة التسي تنص على أن حساب معامل مرونة المادة المركبة (الزجاج) هو ناتج مجموع معاملات المواد الداخلة في تركيبها. ومنه معامل مرونة الزجاج الذي يمكن حسابه بالعلاقة التجريبية:

$$E = 700 * 71.8 + 1800 * 2.2 + 700 * 7 + 400 * 4.1 + 610 * 14.9 = 61669 \text{ MPa}$$

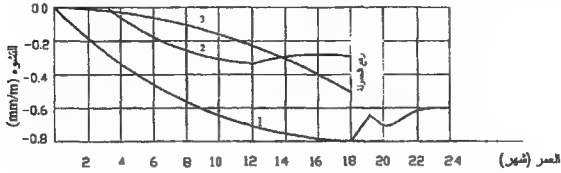
### المسألة رقم 63:

تم تحضير عينات موشورية من خلطة بيتونية بنسبة ماء مرتفعة أبعاد العينات 21cm × 7 × 7 وقسمت لمجموعتين: تم برفنة (تشميم) المجموعة الأولى وقياس التشوه الكلي  $\epsilon_a$  لعينات هذه المجموعة وهي بمجهدة  $\sigma = 2.5 \text{ MPa}$ . وبشكل مواز تم قياس تشوهات التقلص ( $\epsilon_c$ ) للبيتون لنفس الأعمار وذلك لعينات المجموعة الثانية غير المجهدة. والمطلوب: احسب تشوهات الزحف للبيتون بأعمار: 2; 6; 12; 18 شهراً. إذا علمت أن التشوه الكلي للبيتون في الأعمار المذكورة دون إدخال التشوه المرن له كانت على التوالي 0.2mm/m; 0.5; 0.7; 0.8 وأما تشوهات التقلص فكانت على التوالي 0.1mm/m; 0.28; 0.35; 0.36.

ويطلب عرض نتائج الحسابات في منحني.

الحل: إن تشوه الزحف للبيتون يحسب بالعلاقة:  $\epsilon_2 = \epsilon_a - \epsilon_c$

أي: تشوه الزحف = التشوه الكلي - تشوه التقلص. كما يبين الشكل (5)



2 - تشوه التقلص.

1 - التشوه الكلي

3 - تشوه الزحف (الزحفان).

الشكل (5) تشوهات البيتون تحت تأثير الحمولة الدائمة.

المسألة رقم 64:

يطلب تحديد القراءة النهائية لمؤشر (مانومتر) مكبس اختبار إذا علمت أنه بعد رفع الحمولة عن العينة بقي التشوه كما هو علماً بأن الإجهاد البدائي  $\sigma = 30\text{MPa}$  وقد مرّ زمن يوافق الزمن اللازم لرفع الحمولة (الزمن الذي ينخفض الإجهاد خلاله بعدد مرات  $e$  يساوي 2.72 مرة).

الحل: قراءة المانومتر (المؤشر) للمكبس الهيدروليكي المستخدم بقيمتها النهائية بعد رفع الحمولة، أي الإجهاد النهائي  $\sigma_1 = \sigma/n = 30/2.72 = 11.02\text{MPa}$

المسألة رقم 65:

تعرضت شريحة رقيقة من البولييمر لاختبار شد بهدف زيادة طولها من 100mm إلى 250mm. ولتحقيق ذلك تم تطبيق إجهاد  $\sigma_0$  يساوي  $\sigma_0 = 5.5\text{MPa}$ . وبقيت العينة معرضة لهذا الإجهاد لمدة ثلاثين يوماً  $t = 30$  حيث انخفض الإجهاد المطبق بعدها إلى قيمة  $\sigma = 3.1\text{MPa}$ .

احسب معامل زمن رفع الحمولة واحسب الإجهاد بعد ثمانين يوماً  $t_1 = 80$  من تطبيقه.

الحل: رفع الحمولة (الإجهاد) يعني أن تنخفض قيمة الإجهاد بعدد من المرات يساوي

$$e: e = 2.72.$$

إن تغير الإجهاد في حالات التحميل هذه يتبع للقانون التالي:  $\sigma = \sigma_0 e^{-t/\lambda}$  (المراجع 2)

حيث:  $\sigma$  الإجهاد بعد زمن  $t$ .

$\sigma_0$  الإجهاد الأولي.

$\lambda$  = ثابت لزمن تغير الإجهاد (الزمن اللازم لانخفاض الإجهاد  $e$  مرة).

ويمكن حساب قيمة ثابت زمن تغير الإجهاد  $e$  مرة من العلاقة:  $\sigma/\sigma_0 = -t/\lambda$  ( $I_n$  نفس

المراجع)

$$I_n (3.1/5.5) = -30/\lambda$$

ومن هنا يكون يوم  $\lambda = 52.6$

وهكذا فإن الإجهاد بعد بقاء العينة في وضعها الإجهادي لمدة 80 يوماً يكون مساوياً:

$$\sigma_{80} = 5.5 * e^{-80/52.6} = 5.5 * e^{-1.52} = 1.20 \text{ MPa}$$

مسائل غير محلولة - خواص فيزيائية هندسية عامة (متانة وتشوه):

(الإجابات في نهاية الكتاب).

#### مسألة 45:

لدينا مجموعة من العينات البيتونية الموشورية  $40*40*160\text{mm}$  استخدم في تحضيرها

حصويات ناعمة مختلفة المصدر. وبعد الصب تم حفظها بدرجة حرارة  $20^\circ\text{C}$  ورطوبة نسبية

للhواء 60-70% وفي عمر 90 يوماً تم قياس التقلص الحاصل على العينات فإذا علمت أن

التقلص الحاصل على العينات البيتونية الموشورية المحضرة من حصويات ناعمة من الحجر

الكلسي كانت قيمته  $0.5\text{mm/m}$ .

وكانت قيمة التقلص للعينات بنفس الأبعاد والمحضرة من حصويات ناعمة من بقايا الآجر

المحضر من غضار مشوي أكبر بمـ 1.75 مرة، من قيمة التقلص لعينات بنفس الأبعاد

موشورية بيتونية محضرة باستخدام حصويات ناعمة من البازلت وأكبر بمـ 1.75 مرة من قيمة

التقلص لعينات بحصويات كوارتزية وأكبر بـ 2.8 مرة من تقلص العينات المحضرة من حصويات الحجر الكلسي ودائماً بنفس الأبعاد.  
احسب تغير طول العينات بعمر 90 يوماً.

#### مسألة 46:

من أجل وضع قضيب فولاذي بطول 3.5 m في الحالة المسبقة الإجهاد توجب خلق إجهاد فيه قيمته 235MPa، فإذا علمت أن معامل مرونة الفولاذ التسليح يساوي  $2.1 \times 10^5$  MPa. فما هي قيمة الاستطالة المطلقة للقضيب بالميلتر.

#### مسألة 47:

احسب القوة المطبقة اللازمة لشد عينة قضيب فولاذي من الفولاذ منخفض السبائكية (منخفض المقاومة) قطر العينة 10mm وذلك لإيصالها لقيمة إجهادية مسموحة مساوية لـ 540Mpa.

#### مسألة 48:

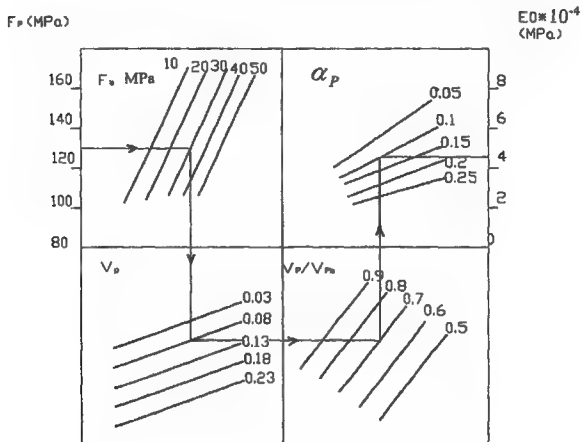
في منشأ من البيتون المسلح المسبق الإجهاد تم شد مجموعة من قضبان التسليح بالطريقة الكهروحرارية وذلك بغرض سبق الإجهاد فيها.  
فإذا علمت أن القيمة الدنيا للإجهاد المسبق لهذه القضبان 320MPa والقيمة العظمى 520MPa، والمسافة بين المسندين 6100mm، ومعامل مرونة الفولاذ  $2 \times 10^5$  MPa فاحسب الاستطالة الدنيا والاستطالة القصوى للقضبان الفولاذية في المنشأ.

#### مسائل بحثية

#### مسألة 49:

إذا علمت أن  $\alpha_p$  هو معامل بوليميري (أحد أنواع البوليميرات المعروفة مثلاً (EPOXY) يتعلق بنوع المانومر (مادة عضوية نغطية المنشأ غالباً الذي يتم تصنيع البوليمير على أساسه) ويتعلق العامل بطريقة تصنيع هذا البوليمير، كما يتعلق هذا العامل بالحجم النسبي

للبوليمير  $V_p$  ويتعلق أيضا بالعلاقة النسبية لحجم البوليمير إلى حجم فراغات البيتون  $V_p/V_{pd}$  وبالمقاومة المشورية للبوليمير  $F_p$  والمقاومة المشورية للبيتون  $F_b$ .  
 فاحسب معامل المرونة البدائي  $E_0$  للبيتون البوليميري (هو بيتون يتم إضافة البوليمير له بعد تصلبه جزئيا، حيث يحتل البوليمير مكان الفراغات والمسامات الموجودة داخل البيتون بفرض تحمين جميع خواصه وأهمها (التانة، النفاذية...)).  
 وللحساب استخدم المخطط اللاحق الشكل رقم (6).



الشكل (6) مخطط لتحديد (حساب) معامل المرونة البدائي للبيتون البوليميري

### مسألة 50:

بين بالاستعانة بالشكل رقم (6) كيف تتغير قيمة معامل المرونة البدائي  $E_0$  للبيتون البوليميري الذي تم الحصول عليه من إضافة البوليمير إلى البيتون بعد تصلبه جزئيا وتمت معالجته بالطريقة الإشعاعية بعد إضافة البوليمير فكانت قيمة المعامل ( $\alpha_p = 0.1$ ) كما تمت



بصورة مستقلة معالجة البيتون بعد إضافة البوليمر له بطريقة التحفيز الحراري فكانت قيمة المعامل  $\alpha_p = 0.2$  وذلك للحصول على أفضل النتائج من عملية البلمرة. علماً أن جميع المعطيات الأخرى يمكن اعتمادها ثابتة من المخطط.

#### مسألة 51:

احسب معامل المرونة للبيتون  $E_b$  الذي استخدم في تحضيره الطف البركاني وحصويات شها (السوداء) وكانت ماركته 150 علماً أن الطف البركاني وحصويات شها أخذت من مواقع مختلفة. فمن الموقع الأول كان الوزن الحجمي لها  $\gamma_0 = 1370 \text{ kg/m}^3$  ومعامل المرونة  $E = 15 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ ، ومن الموقع الثاني  $\gamma_0 = 1580 \text{ kg/m}^3$  ومعامل المرونة  $E = 19 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ ، ومن الموقع الثالث  $\gamma_0 = 1700 \text{ kg/m}^3$  ومعامل المرونة  $E = 30.7 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ . واستخدم العلاقة التجريبية التالية:

$$E_b = \frac{300000 \sqrt{R_p} E}{10E + 210000 \sqrt{R_p}} \quad (\text{المرجع 2})$$

حيث:  $R_p$  حد المقاومة على الضغط للبيتون MPa.

#### مسألة 52:

لتحديد معامل المرونة للزجاج استخدم الجهاز الخاص بذلك والذي يحتوي أيضاً على قارئ بصري لتغير الأطوال ويسمح هذا القارئ بتحديد سهم المبوط S المرن للعينة الزجاجية المنحنية تحت الحمولة F المطبقة عليها من الجهاز  $F = 50 \text{ KN}$  فإذا علمت أن أبعاد العينة الشريحة هي العرض  $b = 25 \text{ mm}$ ؛ السماكة  $h = 3 \text{ mm}$  والمسافة بين المسندين  $l = 100 \text{ mm}$ . والعلاقة الواجب استخدامها لحساب معامل المرونة هي:  $E = \frac{Fl^3}{4Sh^3b}$  فاحسب قيمة سهم الانحناء للعينة الزجاجية بالمليمتر إذا كان التركيب الكيميائي للزجاج المختبر %:  $Na_2O - 14.9$ ;  $MgO - 4.3$ ;  $CaO - 6.5$ ;  $Al_2O_3 - 1.9$ ;  $SiO_2 - 72.1$ .

والنوابت النوعية لمرونة الأكاسيد في الزجاج هي:  $Na_2O - 610$ ;  $MgO - 400$ ;  $CaO - 700$ ;  $Al_2O_3 - 1800$ ;  $SiO_2 - 700$ .

#### مسألة 53:

أوجد وقارن الضياع في الإجهاد نتيجة تغير الإجهاد (هبوط الإجهاد بعدد مرات يساوي e) وذلك في نوعين من القضبان الفولاذية المستخدمة في التسليح للنوع A-IV والنوع A-V أثناء عملية اختبار الشد تارة بالطريقة الميكانيكية  $\sigma_{D,M}$  - الضياع في الإجهاد بطريقة الشد الميكانيكية. وتارة بطريقة الشد الكهروحرارية.  $\sigma_{D,E}$  - الضياع في الإجهاد لطريقة الشد بالتحفيز الحراري الكهربائي استخدم العلاقة التحريية التالية:

$$\sigma_{D,M} = 0.1\sigma_0 - 20$$

$$\sigma_{D,E} = 0.03\sigma_0$$

حيث:  $\sigma_0$  الإجهاد البدائي في الفولاذ.

تعتمد قيمة  $\sigma_0$  مساوية لـ 90 % من قيمة حد السيلان للفولاذ.

- ولحل هذه المسألة يجب العودة إلى المواصفة الروسية لفولاذ التسليح من الصنف A-IV والصنف A - V. ورقم المواصفة (Gost5058-57) وتكملة المعطيات منها. الإجابة في آخر الكتاب.

#### مسألة 54:

من أجل استطالة عينة من المطاط المستخدم للسدادات المحكمة من الطول البدائي 100 mm إلى طول 200 mm تطلب تطبيق إجهاد شدي يساوي 2MPa، وأبقيت العينة مدة 20 يوماً في جهاز الشد في الحالة المذكورة حيث انخفض الإجهاد بعد المدة المذكورة بثلاث مرات عن قيمته.

احسب الإجهاد بعد 30 يوماً إذا بقيت العينة في حالتها السابقة داخل جهاز الشد.

### الأحجار الطبيعية والمواد السيراميكية

يهدف هذا البحث إضافة لما سبق في مقرر الجيولوجيا الهندسية لتعلم طريقة سريعة لتحديد الخواص الفيزيوميكانيكية للصخور والتمكن بالنظر المعمق من تحديد الخواص (البتروغرافية) التي يتميز بها الصخر الأم وذلك للحكم على صلاحيتها للاستخدام في بناء المنشآت والطرق والمطارات... الخ.

حيث بات من المعلوم أن أهم الخواص الفيزيوميكانيكية للصخور التي تستخدم لتحضير الحجر الطبيعي أو الحصويات هي: الكثافة - امتصاص الماء - القساوة - المتانة - الاهتراء - مقاومة النار - مقاومة التجمد... الخ.

حيث يمكن مثلاً تحديد قساوة الصخور بطريقة تقريبية بمحاولة جرح عينات منها بواسطة عناصر أكثر قساوة وفق سلم موسا الحاروي على عشرة عناصر فلزية متدرجة حسب قساوتها بدءاً من الأضعف (الطلق) ورقمه 1 في السلم واسمه الكيميائي سيليكات المغنيزيوم الذائبة وانتهاء برقم 10 وهو الألماس.

ولقياس متانة (مقاومة) الصخور يتم اختبار عينات منها بأبعاد نظامية وذلك على الضغط وعلى الشد المحوري وعلى الفلق وللحصويات المستخرجة منها تجري اختبارات تحديد المتانة بشكل أولي من خلال اختبار الاهتراء.

ولتحديد بنية الصخر بشكل دقيق يستخدم عادة الميكروسكوب ولكن بالطرق اليدوية المبسطة باستخدام المبرد للحصول على نثرات من المادة المدروسة حيث يمكن وضع هذه النثرات على ورقة بيضاء والنظر بتمعن عندها يمكن تمييز الكوارتز  $\text{SiO}_2$  من خلال لمعانه حيث يعطي لمعانا بللوريا ذا أشكال متكسرة عشوائياً غير متساوية.

ويمكن تمييز الفلدسبات من خلال سطوحها المستوية اللامعة قليلاً وكذلك للميكا التي تتميز بسطوح ملتزمة تماماً وباتجاه واحد متطابقة. وهكذا للخواص البتروغرافية الأخرى حيث يمكن مقارنة المعطيات التي تم الحصول عليها من مجموعة الاختبارات اليدوية للتمكن من تسمية الصخر وتحديد بقية الخواص كما سيأتي على ذلك تفصيلاً في أبحاث ميكانيك التربة والصخور.

وأما عن المواد السيراميكية فمن الضروري الإلمام بطرق تقييم الجودة لهذه المواد من خلال القياس الدقيق لأبعاد البلاطات السيراميكية والأحجار القرميدية المشوية وتحديد درجة الشبي وحد المتانة (المقاومة) على الضغط والشد بالانعطاف.

حيث يمكن تحديد حد المتانة على الشد بالانعطاف لعينة طابوق قرميدي موشورية ذات أبعاد محددة بالعلاقة:

$$F = \frac{3PL}{2bh^2}$$

حيث: L المسافة بين محوري المسندين الحاملين للعينة L = 200 mm.

b عرض العينة المختبرة.

h ارتفاع العينة في وسطها دون معالجة سطحها بالكبريت أو غيره من أجل تسويته. ولاختبار الأصالة (مقاومة التجمد والذوبان) للصخور الطبيعية والمنتجات السيراميكية يتم اختبارها بمعالجتها بالنقع لعدد معين من المرات في سائل كيميائي هو كبريتات الصوديوم  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  وتجفيفها ثم نقعها ومن ثم قياس الضياع في كتلتها نتيجة المعالجة بالمحلول والتجفيف.

## مسائل محلولة

### المسألة رقم 66:

من أجل تحديد صلاحية الحجر الكلسي لأعمال الجدران وإكسائها تم تحديد قيم الوزن الحجمي - امتصاص الماء - معامل التطرية، وذلك بعينات من الصخر الأم للحجر الكلسي. ولذلك فقد اختبرت عينة حجرية و كتلة العينة  $m = 207gr$  وقد أزاحت هذه العينة مقداراً

من الماء يساوي  $V_w = 111$  gr.

وبعد وضع العينة في الماء كان الامتصاص حجماً  $W_0 = 50\%$  ومقاومة الضغط للعينة في الحالة الجافة  $F_p = 27\text{MPa}$  وفي الحالة المشبعة بالماء  $F_w = 21\text{MPa}$ ، ولتجربة الأصالة بالتجميد والذوبان كانت المقاومة بعد التجميد والذوبان  $F_{ic} = 18\text{MPa}$ . هل يمكن اعتبار هذا الحجر صالحاً للاستخدام؟

الحل: وفقاً للتورمات والمواصفات الموافقة فإن العينات يجب أن تحقق شروطاً تقنية معينة سيتم حسابها وفق ما يلي: يمكن اعتبار أن حجم الحجر الكلسي يساوي حجم الماء المزاح بالعينة ومن هنا فإن الوزن الحجمي:  $\gamma_0 = m/V_w = 207/111 = 1.86\text{gr/cm}^3 = 1860\text{kg/m}^3$  (وإذا تم الافتراض أن الحجر الكلسي قد امتص شيئاً من الماء أثناء حساب حجمه فإن قيمة الوزن الحجمي ستتقص قليلاً).

وبما أن قيمة الامتصاص حجماً معروفة فيمكن حساب الامتصاص وزناً. حيث  $w = W_0/\gamma_0 = 50/1.86 = 26.88\%$

- وبحسب معامل التطرية:  $K = F_w/F_p$

$$K = 21/27 = 0.78$$

- الضياع في المقاومة نتيجة التجميد والذوبان:

$$\Delta F_{ic} = \frac{F_w - F_{ic}}{F_w} * 100 = \frac{21 - 18}{21} * 100 = 14.2\%$$

وبالمقارنة مع المواصفات تبين أن عينات الحجر الكلسي تحقق الشروط التقنية المطلوبة.

المسألة رقم 67:

لدينا ثلاثة أنواع من الصخور الكلسية ولها التركيب الكيميائي التالي %:

Cao	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
4.1	2.5	4.9	88.5	النوع الأول (1)
7.6	12.5	17.4	62.5	النوع الثاني (2)
69.36	24.5	0.95	5.19	النوع الثالث (3)

احسب الثبات الكيميائي (مقاومة الحموض والقلويات) لهذه الصخور.

الحل: من أجل الحكم على المقاومة الكيميائية (الثبات) لهذه الصخور في البيئة الحمضية والقلوية، يمكن التقييم حسب العلاقة أو ما يسمى رقم الأساس  $M_0$

$$M_0 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Na}_2\text{O}(\text{K}_2\text{O})}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

وبالتعويض تبين أن النوع الأول (1)  $M_0 = 0.07$

وللنوع الثاني  $M_0 = 0.25$

وللنوع الثالث  $M_0 = 15.3$

ومنه يمكن الافتراض أن النوع الأول والثاني هي أنواع مقاومة للحموض ولكنها تتفاعل وتتأثر بالأكاسيد الأساسية.

والنوع الثالث من الصخور المدروسة يتأثر وينهار بالحموض ولكنه مقاوم للأساس.

المسألة رقم 68:

نتيجة التحليل الكيميائي لصخر كربونسي تبين أنه يحتوي على 40% - CaO ويحتوي على 12% - MgO.

احسب محتوى هذا الصخر من الدولاميت ومن الكالسيت واختر اسماً لهذا الصخر باستخدام التصنيف التالي في الجدول (9):

الجدول (9)

المحتوى %		الصخر
الدولاميت $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	الكالسيت $\text{CaCO}_3$	
0-5	95-100	حجر كلسي (جيري)
5-25	75-95	كلسي يحتوي الدولاميت
25-50	50-75	كلسي دولوميتي
50-75	25-50	دولوميت يحتوي على الكلس
75-95	5-25	دولوميت كلسي
95-100	0-5	دولوميت

الحل: من الممكن الافتراض أن كامل كمية MgO في الصخر الكربوني متحدة في الدولوميت  $(CO_3)_2 CaMg$  وبذلك ومن الوزن الجزيئي للدولوميت  $M - CaMg(CO_3)_2 = 184$  ومنه فإن MgO يشكّل فيه نسبة % 21.7. وفي الصخر المدروس نسبة MgO هي % 12 أي يجب أن تكون نسبة الدولوميت % 55.3. ومن السهل الحساب أنه في الدولوميت 100% تتحد CaO بنسبة 30.4 ومنه يكون في الدولوميت % 55.3 تكون نسبة CaO المتحدّة هي % 16.8. والبقية الباقية من كمية CaO، أي % 23.2 تتحد مشكّلة الكالسيت  $CaCO_3$ . ومن الصيغة المعروفة للكالسيت فإن في كمية 100% من  $CaCO_3$  يوجد بالتأكيد % 56 CaO ويوجد أيضاً % 23.2 CaO تذهب لتشكّل  $CaCO_3$  بنسبة  $CaCO_3$ . وهكذا فإن الصخر المدروس يحتوي على % 41.4  $CaCO_3$  ويحتوي على % 55.3  $CaMg(CO_3)_2$ ، ومن الجدول رقم (9) يصنف هذا الصخر بأنه دولوميت يحتوي على الكلس.

#### المسألة رقم 69:

احسب وزن وحجم كمية الغضار اللازمة لتصنيع 10000 قطعة من الطابوق القرميدي العازل ذي الوزن الحجمي  $\gamma_0 = 1400 \text{ kg/m}^3$  حيث يتميز هذا الطابوق بنسبة فراغات تشكّل % 30 من حجمه علماً أن الوزن الحجمي للغضار الرطب  $\gamma_{0w} = 1600 \text{ kg/m}^3$  ونسبة رطوبته  $W = 15\%$ . وأثناء عملية الشي في الفرن فإن الضياع عند التلدين يشكل 10% من كتلة الغضار الجاف.

علماً أن أبعاد البلوكة  $0.25 * 0.12 * 0.088 \text{ m}$

الحل: إن حجم قطعة واحدة من القرميد:

$$V = 0.25 * 0.12 * 0.088 = 0.00264 \text{ m}^3 \text{ - دون حساب الفراغات}$$

$$V = 0.00264 * 0.3 = 0.0018 \text{ m}^3 \text{ - ومع حذف الفراغات}$$

$$0.0018 * 10000 = 18 \text{ m}^3 \text{ - ومنه فإن حجم 10000 بلوكة سيكون:}$$

$$18 * 1400 = 25200 \text{ kg} \text{ - ومنه فإن وزن 10000 بلوكة سيكون:}$$

وكتلة الغضار غير المملدّن واللازم لصنع 10000 بلوكة تكون:

$$m = \frac{25200(100+10)}{100} = 25200 * 1.1 = 27720 \text{ kg}$$

- كتلة الغضار الرطب اللازم لصناعة 10000 بلوكة.

$$= 27720 * \left( \frac{100+15}{100} \right) = 27720 * 1.15 = 31878 \text{ kg}$$

$$V_C = 31878/1600 = 19.92 \text{ m}^3 \text{ :حجم الغضار الرطب اللازم:}$$

المسألة رقم 70:

لدينا كمية 15t من الغضار برطوبة  $w = 12\%$  هذا الغضار معد لصناعة طابوق سيراميكي بمقياس  $25*120*138 \text{ mm}$  ونسبة الفراغات في البلوكة الواحدة  $P = 33\%$ . فإذا علمت أن الفاقد نتيجة الشبي في الفرن يساوي  $B = 8.5\%$  والوزن الحجمي للطابوق المصنع من هذا الغضار  $\gamma_o = 1750 \text{ kg/m}^3$  فما هو عدد قطع الطابوق السيراميكي الذي يمكن الحصول عليه من الكمية المذكورة؟

الحل: من كمية 15t من الغضار برطوبة 12% وبالشبي نحصل على كتلة سيراميكية مشوية في الفرن كتلتها  $m_m$ :

$$m_m = \frac{m_d(100-B)}{100} = \frac{m_w(100-w)(100-B)}{100*100}$$

حيث:  $m_d$  كتلة الغضار الجاف.

$m_w$  كتلة الغضار الرطب بنسبة 12%.

$$m_m = 15 * 0.88 * 0.915 = 12.078 \text{ t}$$

ويكون حجم كتلة السيراميك المشوي:

$$V_m = \frac{m_m}{\gamma_o} = \frac{12078}{1750} = 6.9 \text{ m}^3$$

وحجم بلوكة سيراميكية واحدة مع الفراغات:

$$V' = 0.25 * 0.12 * 0.138 = 0.0041 \text{ m}^3$$



وحجم بلوكة سيراميكية دون الفراغات:

$$V = V' - \frac{V_p'}{100} = 0.0041 - 0.0013 = 0.0028 \text{ m}^3$$

وهكذا فإن عدد قطع البلوك السيراميكي  $n$  الذي يمكن تصنيعه من كمية  $15 \text{ t}$  من الغضار يساوي:

$$n = \frac{V_m}{V} = \frac{6.9}{0.0028} = 2464 \text{ قطعة}$$

المسألة رقم 71:

يراد استخدام قطع نفايات خشبية صغيرة في خلطة لتحضير الطابوق المعروف بأبعاد  $0.25 * 0.12 * 0.065 \text{ m}$  وذلك بغرض تخفيف وزنه.

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للطابوق المخفف بالخشب  $\gamma_o = 1210 \text{ kg/m}^3$  والوزن الحجمي للطابوق العادي  $\gamma_o' = 1740 \text{ kg/m}^3$  والوزن الحجمي لنفايات الخشب  $\gamma_o'' = 610 \text{ kg/m}^3$  فاحسب مصروف (كمية) النفايات الخشبية اللازمة للحصول على 1000 قطعة طابوق مخفف.

الحل: إن كتلة 1000 قطعة من الطابوق العادي تساوي  $m_{n,k}$ :

$$m_{n,k} = 1000 * 0.25 * 0.12 * 0.065 * 1740 = 3393 \text{ kg}$$

وكتلة 1000 قطعة قرميد مسامي مخفف  $m_{p,k}$ :

$$m_{p,k} = 1000 * 0.25 * 0.12 * 0.065 * 1210 = 2359 \text{ kg}$$

وهكذا فإن حجم الفراغات التي أحدثتها وتشغلها نفايات الخشب في القرميد

$$V_p = \frac{m_{n,k} - m_{p,k}}{\gamma_o'} = \frac{3393 - 2359}{1740} = 0.59 \text{ m}^3$$

وعندها يكون مصروف (كمية) النفايات الخشبية اللازمة وزناً:

$$m_p' = V_p * \gamma_o'' = 0.59 * 610 = 360 \text{ kg}$$

المسألة رقم 72:

في المناطق الفقيرة بالحصويات الطبيعية والمقالع يتم صنع حصويات صناعية من الغضار.

استخدم لأجل ذلك غضار ذو وزن حجمي  $\gamma_{og} = 2550 \text{ kg/m}^3$  وذلك عند رطوبة  $w = 13.5\%$  تم الحصول على حصويات من الغضار المذكور بعد الشوي وكان الوزن الحجمي الردي لهذه الحصويات  $\gamma'_{og} = 450 \text{ kg/m}^3$  تحتوي على نسبة فراغات  $P = 44\%$ . احسب كم مرة يتضاعف حجم الغضار بالانتفاخ، إذا علمت أن كتلة الحصويات الناتجة تساوي كتلة الغضار المستخدم.

الحل: إن الوزن الحجمي للغضار الجاف:

$$\gamma'_{og} = \frac{\gamma_{og}}{1 + \frac{w}{100}} = \frac{2550}{1 + 0.135} = 2246 \text{ kg/m}^3$$

والوزن الحجمي الوسطي للحصويات كقطع:

$$\gamma'_{og} = \frac{\gamma_{og}}{1 - \frac{P}{100}} = \frac{450}{1 - 0.44} = 804 \text{ kg/m}^3$$

وهكذا فإن ازدياد حجم الغضار بالانتفاخ يتناسب طرذاً مع النقص في وزنه الحجمي، فإذا تم نسب حجم الغضار إلى حجم الحصويات الناتجة عنه:

$$\frac{V_g}{V_{og}} = \frac{\gamma'_{og}}{\gamma'_{OG}} = 2246/804 = 2.79 \text{ مرة}$$

### المسألة رقم 73:

عينة حجر طبيعي في حالتها الجافة بوزن  $G = 250 \text{ gr}$  تم وضعها في أنبوب اختبار أسطوانسي مدرج فارتفع نتيجة لذلك منسوب الماء في الأنبوب بكمية  $100 \text{ cm}^3$ . وبعد ذلك أخرجت العينة من الأنبوب وتم مسح سطحها بالقماش وأعيد وضعها في أنبوب اختبار مدرج آخر فارتفع منسوب الماء في الأنبوب هذه المرة بمقدار  $125 \text{ cm}^3$ ، بعد ذلك أخرجت العينة من الأنبوب وتم تجفيفها تماماً ووضعت تحت جهاز الضغط الهيدروليكي لاشباعها بالماء فتبين أن كمية الماء التي امتصتها العينة  $33 \text{ gr}$ .

وبعدها استخرجت العينة وجففت تماماً وتم سحقها وطحنها لقياس الحجم المطلق (دون فراغات أو مسامات أو رطوبة) فتبين أنه يساوي  $V = 90 \text{ cm}^3$ . احسب 1 - الوزن الحجمي لمادة الحجر الطبيعي في الحالة الجافة.

2- امتصاص الماء وزناً وحجماً.

3- الوزن النوعي للمادة الحجرية.

4- المسامية المفتوحة والمسامية الكلية.

الحل: إن حجم العينة الحجرية يساوي حتماً حجم الماء المزاح بالعينة أي يساوي

$$V = 125 \text{ m}^3$$

$$\gamma_o = \frac{250}{125} = 2 \text{ gr/cm}^3 \text{ الحالة الجافة}$$

$$W_G = \frac{125 - 100}{250} * 100 = 10\% \text{ امتصاص الماء وزناً}$$

$$W_V = \frac{125 - 100}{125} * 100 = 20\% \text{ امتصاص الماء حجماً}$$

$$\gamma = \frac{250}{90} = 2.78 \text{ gr/cm}^3 \text{ الوزن النوعي}$$

$$P_a = \frac{2.78 - 2}{2.78} * 100 = 28\% \text{ المسامية الكلية}$$

$$W_p = \frac{33}{125} * 100 = 26.4\% \text{ امتصاص الماء تحت الضغط الهيدروليكي وذلك حجماً}$$

$$P_o = 26.4\% \text{ المسامية المفتوحة}$$

ومقارنة امتصاص الماء حجماً مع المسامية المفتوحة نجد أن  $26.4 * 0.9 < 20\%$  أي أن امتصاص الماء حجماً أقل من المسامية المفتوحة وهو أقل من 90% من حجم المسامات المفتوحة. وهذا ما يؤكد أن المادة مقاومة للصقيع وما ذكر أعلاه هو الشرط الهندسي لمقاومة أحجار البناء للصقيع.

#### المسألة رقم 74:

إذا علمت أن الوزن الجاف لعينة حجر كلسي  $G = 300 \text{ gr}$  وبعد اشباعها بالماء أصبح الوزن  $G_1 = 308 \text{ gr}$  والوزن الحجمي للحجر الكلسي هو  $\gamma_o = 2400 \text{ kg/m}^3$  احسب امتصاص الماء وزناً وحجماً. واحسب هذا الامتصاص (الرطوبة) النسبية منها المطلقة واحسب المسامية المفتوحة والمسامية العامة (الكلية) للحجر الكلسي.

الحل: إذا كان 2400kg من الحجر الكلسي الجاف يشغل حجماً مقداره 1m<sup>3</sup> فإن  
 $G = 300gr$  تشغل حجماً يساوي:  $300/2.4 = 125cm^3$  ومنه:

$$W_g = \frac{308 - 300}{300} * 100 = 2.67\%$$

$$W_v = \frac{308 - 300}{125} * 100 = 6.4\%$$

وبما أن إشباع عينة الحجر الكلسي تم دون ضغط هيدروليكي وبما أن الوزن النوعي غير معطى في هذه المسألة فإن حساب المسامية المفتوحة والمسامية الكلية غير ممكن.

### المسألة رقم 75:

عينة غرانيت ذات وزن حجمي  $\gamma_o = 2700kg/m^3$  وكان الامتصاص الكامل للماء (أي إشباع العينة بالماء تحت الضغط) مساوياً  $W_a = 3.71\%$  وزناً.

احسب الوزن النوعي للغرانيت وهل يمكن اعتبار هذه الطريقة في حساب الوزن النوعي طريقة مقبولة من حيث الدقة؟

الحل: إن كمية الماء التي يمتصها 1m<sup>3</sup> من الغرانيت حسب المسألة تساوي:

$$W = 2700/0.0371 = 100kg = 100dm^3$$

ومنه فإن حجم المادة الصلبة في 1m<sup>3</sup> يساوي:

$$V_h = 1000 - 100 = 900dm^3$$

$$\gamma = \frac{2700}{900} = 3000kg/m^3$$

إن هذه الطريقة لا تعتبر دقيقة بالقدر المطلوب، وذلك لأن إشباع العينة بالماء لا يعني أن جميع المسامات قد امتلأت بالماء ولذلك فإن حجم الفراغات أكبر من 100 dm<sup>3</sup> بالتأكيد.

### المسألة رقم 76:

عينة حجرية لها التركيب الكيميائي التالي:

$$Al_2O_3 - 5\%; SiO_2 - 55\%; CaO - 20\%$$

وعند تعريضها للحرق في الفرن (حرارة 1000°) كان الفاقد 20%. ومعالجة عينة من

المادة بالحمض (كلور الماء) وجد أن هناك فحمات الكالسيوم الحامضية  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  التي تنحل في الماء أكثر بمقدار 100 مرة من الكالسيت). وبالتحليل من المفترض أن  $\text{CaCO}_3$  هو المركب الوحيد في تركيب هذا الحجر الذي يحتوي على الكالسيوم دون أي مركب آخر، واستناداً لذلك زب تحديد التركيب الفلزي (النرالي) الذي يمكن من خلاله تحديد ماهية واسم هذه المادة المدروسة.

الحل: انطلاقاً من التفاعل بالحرق (أثناء الاحتراق وبتنتيجه)  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$  وبمجموع الأوزان الجزئية  $44 + 56 = 100$  يمكننا تحديد كمية  $\text{CaCO}_3$  انطلاقاً من كمية  $\text{CaO}$  وفق:

$$\text{CaO} = 20 * \frac{100}{56} = 35.7\% \text{ وبالتوافق وبما أن الفاقد بالحرق } 20\%:$$

$$20 * \frac{44}{56} = 15.7\% \text{ والجزء الآخر من الفاقد بالحرق والمساوي: } 4.3\% = 20 - 15.7 \text{ يمكن}$$

أن ننسبه إلى الكاولينيت  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ويصبح الوزن الجزئي :

$$102 + 120 + 36 = 258$$

وبالأخذ بعين الاعتبار أن نسبة  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 5\%$  نستطيع أن نحسب الكاولينيت:

$$5 * \frac{258}{102} = 12.6\% \text{ وكذلك السيلكا: } 5 * \frac{120}{102} = 6\% \text{ ويتبين أن السيلكا (الكوارتز)}$$

الحر يتبقى بنسبة:  $49\% = 55 - 6$ . وهكذا وبما أن هذا الحجر المدروس يحتوي كما تبين على فحمات الكالسيوم الحامضية والرمل (الكوارتز) والغضار فإنه يمكن تسميته وتصنيفه "حجر رملي مارلي". انظر المسألة رقم (59) غير محلولة.

### المسألة رقم 77:

بعد دراسة عينة من الغرانيت تم تحديد تركيبها كما يلي:

32% كوارتز، 58% فلدسبات (ارتوكلاز)، 10% ميك. والمطلوب:

– تحديد نسبة السيليسيوم ونسبة الألومينا في تركيب الغرانيت.

إذا علمت أن في تركيب الميكا 50% سيليسيوم و30% ألومينا فما هو المركب الكيميائي

الغالب في تركيب الغرانيت.

الحل: إن الكوارتز يحتوي على 32% من  $\text{SiO}_2$ ، أما الأورتوكلاز فعلى  $(\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2)$ .  
وتتعلق نسبتها طرداً مع وزنها الجزئي للأورتوكلاز  $(\text{K}_2\text{O} . \text{Al}_2\text{O}_3 . 6\text{SiO}_2)$  هو:  
 $556 = 94 + 102 + 6 \cdot 60$  ويدخل في تركيب الغرانيت من الأورتوكلاز:

$$\text{السيليس: } 58 \cdot \frac{360}{556} = 37.5\%$$

$$\text{الألومينا: } 58 \cdot \frac{102}{556} = 10.63\%$$

ومن الميكا يدخل في تركيب الغرانيت:

$$\text{السيليس بنسبة } 10 \cdot 0.5 = 5\%$$

$$\text{الألومينا بنسبة } 10 \cdot 0.3 = 3\%$$

وهكذا بجمع المكونات في الغرانيت يصبح:

$$\text{السيليس } (\text{SiO}_2) = 32 + 37.5 + 5 = 74.5\%$$

$$\text{الألومينا } (\text{Al}_2\text{O}_3) = 10.63 + 3 = 13.63\%$$

ويتبين بالنتيجة أن المركب الغالب في الغرانيت هو السيليس.

المسألة رقم 78:

تبين بالتحليل أن التركيب الكيميائي لعينة حجر طبيعي هو كالتالي:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 16.46\%; \text{SiO}_2 = 71.97\%; \text{CaO} = 0.70\%; \text{Na}_2\text{O} = 2.95\%;$$

$$\text{K}_2\text{O} = 5.54\%; \text{H}_2\text{O} = 2.42\%;$$

وبالتحليل المينيرالي الذي جرى بشكل إضافي تبين وجود الفلزات التالية في تركيب نفس الحجر:

$$\text{الكوارتز والميكا (الموسكوفيت) والأورتوكلاز، والأليت } (\text{Na}_2\text{O} . \text{Al}_2\text{O}_3 . 6\text{SiO}_2)$$

$$\text{الأنورثيت } (\text{CaO} . \text{Al}_2\text{O}_3 . 2\text{SiO}_2)$$

احسب نسبة كل مينيرال على حدة في هذه العينة.

الحل: أولاً – صيغ المركبات:

i . الألييت:  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

ii . الأورثيت:  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$

iii . الموسكوفيت:  $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

iv . الكوارتز:  $\text{SiO}_2$

v . الأورتوكلاز:  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

ثانياً - الوزن الجزيئي للفلذات:

i . الألييت:  $62 + 102 + 360 = 524$

ii . الأورثيت:

iii . الموسكوفيت:  $94 + 3 \cdot 102 + 6 \cdot 60 + 2 \cdot 18 = 796$

iv . الكوارتز: 60

v . الأورتوكلاز:  $94 + 102 + 360 = 556$

ومن الملاحظ أن  $\text{Na}_2\text{O}$  موجود في الألييت فقط، وأن  $\text{CaO}$  موجود في الأورثيت فقط، ولهذا فمن المنطقي أولاً تحديد نسبة السيليكات والألومينا في الألييت والأورثيت:  
في الألييت:

$$2.95 \cdot \frac{102}{62} = 4.85\% \quad \text{Al}_2\text{O}_3$$

$$2.95 \cdot \frac{360}{62} = 17.13\% \quad \text{SiO}_2$$

في الأورثيت:

$$0.7 \cdot \frac{102}{56} = 1.27\% \quad \text{Al}_2\text{O}_3$$

$$0.7 \cdot \frac{120}{56} = 1.5\% \quad \text{SiO}_2$$

وفي بقية الفلزات (في الأورتوكلاز والموسكوفيت):

$$16.46 - 4.85 - 1.27 = 10.3\% \quad \text{الألومينا توجد بنسبة}$$

السيليكات في بقية الفلزات (في الكوارتز والأورتوكلاز والموسكوفيت) توجد بنسبة

$$71.97 - 17.13 - 1.5 = 53.34\%$$

وباعطاء الرمز X للنسبة المئوية المحتواة من الكوارتز، والرمز Y للنسبة المئوية المحتواة من الأورثوكلاز، والرمز Z للنسبة المئوية المحتواة من الموسكوفيت بلون ماء ننشئ المعادلات:

$$53.34 = X + Y * \frac{360}{556} + Z * \frac{360}{760} = X + 0.65Y + 0.47Z$$

$$10.30 = Y * \frac{102}{556} + Z * \frac{306}{760} = 0.183Y + 0.4Z$$

$$5.54(K_2O) = Y * \frac{94}{556} + Z * \frac{94}{760} = 0.17Y + 0.12Z$$

وبحل هذه المعادلات نحصل على:

الكوارتز 31.87%

الأورثوكلاز 21.16%

الموسكوفيت عديم الماء 16.26%

الموسكوفيت مع الماء 17%  $16.26 * \frac{796}{760}$

الأليت 24.97%  $2.95 + 4.85 + 17.13$

الأنورثيت 3.47%  $0.70 + 1.27 + 1.5$

وأما النسبة 2.27% فهي تذهب لوجود الماء والشوائب.

### المسألة رقم 79:

لدينا عدة عينات من الحجر الكلسي وزنها  $G_1 = 50\text{kg}$  تم تسخينها من درجة حرارة  $t_1 = 15^\circ$  إلى درجة حرارة  $t_2 = 40^\circ$  واستهلك لذلك كمية من الحرارة المفيدة  $Q = 260 \text{ kcal}$ .

بعد ذلك تم تبريد الحجر الكلسي ووضعه في الماء. بعد عدة أيام من بقاء العينات في الماء ازداد وزن الحجر الكلسي بمقدار  $1\text{kg}$ . فإذا علمت أن الوزن الحجمي للحجر الكلسي

المدرّوس في هذه المسألة هو  $\gamma_{\text{od}} = 2000\text{kg/m}^3$  احسب:

السعة الحرارية النوعية لهذه المادة في الحالة الجافة.

هل تتغير السعة الحرارية للمادة بعد الترطيب وما هو مقدار هذا التغير.

السعة الحرارية الحجمية للحجر الكلسي.



الحل: السعة الحرارية النوعية:

$$C_0 = \frac{Q}{G(t_2 - t_1)} = \frac{260}{50 * (40 - 15)} = 0.21 \text{ kcal/kg.grad}$$

إن امتصاص الحجر الكلسي للماء بعد بقائه في الماء لعدة أيام:

$$W = \frac{1(\text{kg})}{50(\text{kg})} * 100 = 2\% \text{ وزناً}$$

ويصبح معامل السعة الحرارية النوعية للحجر الكلسي الرطب:

$$C = C_0 + 0.01 W = 0.21 + 0.01 * 2 = 0.23 \text{ kcal/kg.grad}$$

السعة الحرارية الحجمية للحجر الكلسي الجاف:

$$C_{od} = C_0 * \gamma_d = 0.21 * 2000 = 420 \text{ kcal/kg.grad}$$

السعة الحرارية الحجمية للحجر الكلسي الرطب:

$$C_{ow} = C * \gamma_{ow} = 0.23 * 2040 = 469.2 \text{ kcal/kg.grad}$$

حيث  $\gamma_{ow}$  الوزن الحجمي للحجر الكلسي الرطب ويساوي:

$$\gamma_{ow} = \frac{G_2}{G_1} * \gamma_{od} = \frac{51}{50} * 2000 = 2040 \text{ kg/m}^3$$

المسألة رقم 80:

جدار من الحجر الكلسي بسماكة  $b = 50 \text{ cm}$  وارتفعت رطوبته نتيجة العوامل الجوية

والأمطار.

لتصل إلى 2%. فإذا علمت أن الوزن الحجمي للحجر الكلسي  $2000 \text{ kg/m}^3$  فبين كيف

تتغير المقاومة الحرارية لهذا الجدار.

الحل: نفترض معامل ناقلية الحرارة للحجر الكلسي  $\lambda_0$  مساوياً 1 أي:

$$\lambda_0 = 1 \text{ kcal/m.h.grad}$$

عندها تكون المقاومة الحرارية للجدار:

$$f_1 = \frac{b}{\lambda_0} = \frac{0.5}{1} = 0.5 \text{ m}^2 \cdot \text{h.grad/kcal}$$

ويمكن حساب معامل ناقلية الحرارة للحجر الكلسي الرطب بالعلاقة:

$$\lambda_w = \lambda_d + \Delta\lambda * w_0$$

حيث:  $\lambda$  معامل الناقلية الحرارية للحجر الكلسي الجاف  
 $\Delta\lambda$  التغير الحاصل على معامل الناقلية الحرارية للحجر الكلسي نتيجة الترطيب في درجات الحرارة الموجبة ويساوي  $\Delta\lambda = 0.00197$  ومنه:  
 $\lambda_w = 1 + 0.00197 * 2 = 1.00394 \text{ kcal/m.h.grad}$

فتكون المقاومة الحرارية للجدار الرطب:

$$f_2 = \frac{0.5}{1.00394} = 0.497 \text{ m}^2 \cdot \text{h.grad/kcal}$$

وهكذا يتضح أن خواص العزل الحراري (المقاومة الحرارية) لهذه المادة قد تغيرت للأسوأ أي أن الحجر الكلسي أصبح أقل عزلاً للحرارة نتيجة للترطيب.

### مسائل غير محلولة – الأحجار الطبيعية والسيراميكية

#### مسألة 55:

عند اختبار مكعبات من الصخر الرملي بوزن حجمي  $\gamma_o = 1900 \text{ kg/m}^3$  بطول ضلع 15cm على مكبس هيدروليكي مساحة منضّة المكبس  $570 \text{ cm}^2$ ، حيث توقف مؤشر المكبس للمكعبات في الحالة الجافة عند قيمة 15MPa وتوقف نفس المؤشر للمكعبات في الحالة المشبعة بالماء عند قيمة 12MPa، حيث تبين أن وزن العينة المكعبة بعد التشرّب بالماء أصبح 6.9kg

حدد نوعية هذا الصخر (حد المثانة على الضغط كرقم مدور).

احسب معامل التطرية ونسبة امتصاص الماء لهذا الصخر.

هل يمكن استخدام هذه المادة في بناء السدود والمنشآت المائية، علماً أن الصخر الرملي المستخدم لإنشاء السدود يجب أن لا تقل مقاومته على الضغط عن 15MPa ولا يقل وزنه الحجمي عن  $1800 \text{ kg/m}^3$  ومعامل التطرية لا يقل عن 0.75 وامتصاص الماء لا يزيد عن 2%.

#### مسألة 56:

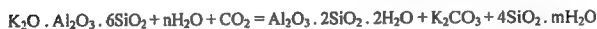
أي الصخور الاندفاعية الثلاثة التالية: الدوليت أم الغابرو أم الغرانيت يجب أن يكون أكثر ثباتاً ومقاومة للأحماض إذا علمت أن التركيب الكيميائي الوسطي لهذه الصخور هو:

الصخر	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
الدونيت	40.49	0.02	0.86	2.84	5.54	46.32	0.70	0.10	0.04	3.88
الغابرو	48.24	1.17	17.88	3.16	5.45	7.51	10.99	2.55	0.89	1.62
الغرانيت	70.18	0.39	14.47	2.57	1.78	0.88	1.99	3.48	4.11	0.84

#### مسألة 57:

إن فلز (منرال) الكاولينيت ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) الذي يكون الغضار يتشكل في الطبيعة بنتيجة تحلل الفيلدسبار بتأثير العوامل الجوية وتحديداً من الأورتوكلاز  $(K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2)$ .

احسب كمية الكاولينيت المتشكل نتيجة للتفكك الكامل لكمية 250t من الأورتوكلاز وذلك وفق التفاعل الكيميائي التالي:



#### مسألة 58:

بنتيجة التحليل الكيميائي للمعادن التي تشكل عينة الصخر المدروس تبين أن هذه العينة تحتوي على 35.5% CaO وعلى 7%  $Al_2O_3$  وعلى 35%  $SiO_2$  وكذلك بالتحليل بأشعة X (رونجن) تبين أن أهم الفلزات التي تدخل في تركيب العينة هي الكالسيوم والكاولينيت والكوارتز.

حدد نسب هذه الفلزات (المنزلات) التي تشكل هذا الصخر.

#### مسألة 59:

لدينا عينات من صخور كاربوناتية غضارية تحتوي على التوالي على نسبة 5.5% CaO، 27.8% CaO، 47.8% CaO.

ضع التسمية المناسبة لهذه الصخور باستخدام جدول تصنيف الصخور الكربوناتية الغضارية التالي:

نسبة % $\text{CaCO}_3$	تسمية الصخر
95 – 100	حجر كلسي (الحجر الجيري)
75 – 95	حجر كلسي غضاري
50 – 75	مارل
25 – 50	مارل غضاري
5 – 25	غضار كلسي
0 – 5	غضار

#### مسألة 60:

لتحضير الطابوق القرميدي بمقاسات  $250 \times 120 \times 88 \text{ mm}$  وبفراغات ذات مقطع مستطيل عددها في كل قرميدة 18 وأبعاد نصف هذه الفراغات أي 9 فراغات هي  $12 \times 35 \text{ mm}$  والنصف الآخر لهذه الفراغات بأبعاد  $12 \times 46 \text{ mm}$ ، تم استخدام الغضار بنسبة رطوبة 13.5%. فإذا علمت أن الضياع من كتلة الغضار الجاف نتيجة الشبي بلغت نسبته 7.5% فما هي كتلة الغضار اللازم لانتاج 50000 قطعة قرميد بالمواصفات المذكورة أعلاه وبوزن حجمي وسطي  $1480 \text{ kg/m}^3$ ، علماً أن هناك نسبة للقرميد التالف نتيجة التحميل والتنزيل والإنتاج بشكل عام تصل إلى 2%.

#### مسألة 61:

احسب كم قطعة بلوك قرميدي بأبعاد  $250 \times 120 \times 65 \text{ mm}$  يمكن أن يتم تصنيعها من كمية  $1000 \text{ m}^3$  من الغضار ذي الوزن الحجمي  $\gamma_{oc} = 1710 \text{ kg/m}^3$  بنسبة رطوبة 12.4% علماً أن الفاقد بالحرق من كتلة الغضار الجاف 9.5%، واحسب كم هو العدد الإضافي الذي يمكن الحصول عليه من نفس الكمية إذا ما تم تفريغ كل بلوكة (قرميدة) بواقع 60 فتحة أسطوانية بقطر  $14 \text{ mm}$  في كل قرميدة إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي لهذا القرميد  $\gamma_o = 1650 \text{ kg/m}^3$ .

### مسألة 62:

إذا علمت أن المقاومة الحرارية (العزل الحراري) المسموحة للأبنية السكنية تساوي  $0.95 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{wt}$ . ومن خلال التفكير الهندسي بالعزل الحراري للأبنية.

ما هي سماكة الجدار المنفذ من بلوك قرميدي عادي وزنه الحجمي  $\gamma_0 = 1700 \text{ kg/m}^3$  وما هي السماكة إذا كان الوزن الحجمي لهذا القرميد  $\gamma'_0 = 1550 \text{ kg/m}^3$  وإذا كان  $\gamma''_0 = 1350 \text{ kg/m}^3$  فما هو مقدار سماكة الجدار.

### مسألة 63:

ما هو الوزن الأعظمي (الكتلة) الممكن لطابوق سيراميكي واحد بأبعاد  $250 \times 120 \times 65 \text{ mm}$  في جدار سماكته  $64 \text{ cm}$  أو  $51 \text{ cm}$  أو  $38 \text{ cm}$  إذا علمت أن المقاومة الحرارية (العزل) في كل الأحوال تساوي  $0.95 \text{ m}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{wt}$ .

### مسألة 64:

لتخفيف وزن الطابوق القرميدي تستخدم نفايات خشبية أثناء تحضير خلطة القرميد وتحترق قطع النفايات هذه أثناء شي القرميد مخلطة مكانها فراغات في القرميدة (الطابوق). ما هو الوزن الحجمي الوسطي للطابوق القرميدي بأبعاد  $250 \times 120 \times 65 \text{ mm}$  الذي يمكن الحصول عليه إذا كانت كتلة قطع نفايات الخشب المستخدمة  $350 \text{ kg}$  وقد استخدمت لتحضير 1000 قطعة قرميد، إذا علمت أن الوزن الحجمي لقطع نفايات الخشب دون الفراغات بينها  $605 \text{ kg/m}^3$  وأن قطع نفايات الخشب قد احترقت بالكامل علماً بأن وزن القرميدة الواحدة دون الفراغات يساوي  $3.3 \text{ kg}$ .

### مسألة 65:

ما هي كتلة الغضار اللازمة للحصول على 1000 قطعة سيراميك بأبعاد  $290 \times 140 \times 10 \text{ mm}$  ونسبة فراغات 8% لاستخدامها في إكساء الواجهات، إذا علمت أن الوزن النوعي للسيراميك بعد الحرق  $2.59 \text{ gr/cm}^3$  والضياع في كتلة الغضار نتيجة الحرق والتجفيف 13.5%.



## البحث الثالث

### المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية) الجص – الكلس – الاسمنت

يعتبر جص البناء وكذلك الكلس المستخدم كمادة قابضة في الخلطات المحضرة منه، يعتبران مواداً قابضة هوائية.

ويعرف الجص بأنه: المادة القابضة الجصية المكونة بشكل أساسي من الكريستالات  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  والتي يتم الحصول عليها بحرق المواد الأولية (الصخور) الحاوية على الجص في أفران دوارة أو أفران عادية.

وعادة يتم تقييم جودة جص البناء من خلال نعومته (سطحه النوعي) ولزوجته النظامية (علاقته المحددة مع الماء) وكذلك زمن بداية ونهاية الأخذ والتصلب إضافة لثباته (مقاومته) على الضغط والشد بالانعطاف.

حيث يمكن تحديد نعومة جص البناء بواسطة جهاز يحتوي مع مهزات (مناخل) بفتحات ذات قطر 0.2mm ويعتبر الجص خشناً عندما يتبقى من عينته المعرضة للنخل على المهزة أكثر من 30%، ويعتبر متوسط النعومة عندما يتبقى من عينته المعرضة للنخل على المهزة أكثر من 15%، ويعتبر ناعماً عندما لا يتبقى من عينته المعرضة للنخل على المهزة أكثر من 2% وهو الأفضل.

ويمكن أن تصل المقاومات على الضغط لعينات محضرة بوجود الجص كمادة قابضة لأكثر من  $200 \text{ kg/cm}^2$  كما يمكن أن تصل مقاومات العينات المحضرة لاختبارات الانعطاف لقيمة  $80 \text{ kg/cm}^2$ ، وتحسب مقاومة الانعطاف للجص بالعلاقة:

$$F_{iz} = 0.0234 \overline{F_p}$$

حيث:  $F_{iz}$  مقاومة الانعطاف لعينات جصية نظامية.

$F_p$  مقاومة الضغط لعينات جصية نظامية.

أما كلس البناء فهو ناتج حرق الصخور الكلسية الحاوية على الكالسيت والمغريت والمكونة بشكل أساسي من أكاسيد الكالسيوم.

وتجري أهم الاختبارات لتحديد محتوى الأكاسيد الفعالة (النشطة) وبشكل أساسي أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنيزيوم التي تشكل النشاط الكلسي وكذلك تحديد نسبة الماء المتفاعل و  $CO_2$ . ونسبة الحبات غير المطفأة وحرارة وزمن إطفاء الكلس والتغير المنتظم في الحجم ولللكس المائي تتم تجارب تحديد الرطوبة أيضاً أما لللكس المطحون الناعم فيجب إجراء تجارب النعومة (درجة الانتشار).

كما يجدر التنويه بأن تجارب دراسة خواص الإسمنت تجري بشكل رئيسي على الكلنكر المطحون الذي يتم الحصول على الإسمنت البورتلاندي منه.

### مسائل محلولة:

#### المسألة رقم 81:

لدينا 10t من الأحجار الجصية (الجبصين)  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  فإذا علمت أن الأوزان الذرية للعناصر مدرجة في الجدول رقم (10)، المطلوب:

احسب كمية حص البناء ذي نصف جزئ ماء  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$  التي يمكن الحصول عليها من الكمية المذكورة أعلاه.

الحل: نحسب أولاً الأوزان الجزيئية للمركبات:



$$172.13 = 145.13 + 27$$

ومنه: كمية الجص ذي نصف جزئ ماء والتي يمكن الحصول عليها من كمية 10t من الحجر الجصي  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  تساوي:



$$10000 * \frac{145.13}{172.13} = 8431 \text{kg}$$

الجدول (10): الأوزان الذرية للعناصر الداخلة في تركيب مواد البناء

العنصر	الوزن الذري	العنصر	الوزن الذري
الألومنيوم Al	26.97	النحاس Cu	63.57
الهيدروجين H	1.00	الصوديوم Na	23.00
الحديد Fe	55.84	الكبريت S	32.06
البوتاسيوم K	39.10	الكربون C	12.00
الكالسيوم Ca	40.07	الفوسفور P	31.02
الأوكسجين O	16.00	الفلور F	19.00
السيليكا Si	28.06	الكلور Cl	35.46
المغنسيوم Mg	24.32	الزنك Zn (التوتياء)	65.38
المنغنيز Mn	54.93		

المسألة رقم 82:

احسب بالنسبة المئوية (%) كمية الماء المرتبط كيميائياً بكمية 1t من الجص ذي نصف جزئي ماء إذا افترضنا أن عملية الخلطة (النوبان) تمت بشكل كامل (الأوزان الذرية للعناصر في الجدول 10).

الحل: يوجد في 1000kg من الجص  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  كمية ماء  $0.5\text{H}_2\text{O}$  هي:

$$145 \text{ --- } 1000$$

$$9 \text{ --- } X$$

$$X = \frac{9000}{145} = 62 \text{kg أو } 62 \text{litre}$$

ولتشكل الجص ثنائي الماء نحتاج إلى كمية إضافية من الماء  $1.5\text{H}_2\text{O}$  تساوي:

$$186 \text{ L أو } 62 * 3 = 186 \text{kg}$$

وهكذا فإن وزن الجص المتفاعل بشكل كامل سيصبح مساوياً:

$$1000 + 186 = 1186\text{kg}$$

أما كمية الماء في الجص ثنائي الماء فتساوي:

$$186 + 62 = 248 \text{ (L)} = 248\text{kg}$$

وهذا يشكل نسبة مئوية مقدارها:

$$1186 = 100\%$$

$$248 = X$$

$$.X = \frac{24800}{1186} = 20.9\%$$

### المسألة رقم 83:

تم تصنيع قواطع جدارية (جدران) من الجص وكانت رطوبتها بعد أن جفت 12% وذلك من وزن المادة الجافة. فإذا علمت أن الجص ينتفخ بمقدار 1% أثناء تصلبه والوزن النوعي للجص ذي نصف جزئي ماء  $\gamma = 2.60\text{gr/cm}^3$  والوزن النوعي للجص المتصلب  $2.30\text{gr/cm}^3$  وذلك بتركيب 1 حص نصف مائي و0.5 ماء والمطلوب:

احسب الوزن الحجمي والمسامية لهذه الجدران.

الحل: إن عملية تصلب الجص (الجبصين) تترافق مع المعادلة التالية:



$$145 + 27 = 172$$

ونسبة إلى الجص ذي نصف جزئي ماء (نصف المائي) فإن كمية الماء اللازمة للتفاعل

كإضافة:

$$\frac{27}{145} = 0.186$$

ومنه الحجم المطلق للعجينة الجبسية:

$$V_G = \frac{1}{2.6} + 0.50 = 0.884 \text{ m}^3$$

وذلك بالعودة للتركيب المؤلف من 1 حص و0.5 ماء كتسب.

وأيضاً الحجم المطلق للحجر الجبسي:

$$V_b = \frac{1+0.186}{2.30} = 0.516 \text{ m}^3$$

وهكذا فإن كثافة الحجر الجصي المتصلب:

$$\frac{V_b}{V_G} = \frac{0.516}{0.884 \cdot 1.01} = 0.57 \text{ gr/cm}^3$$

وتم الضرب في مخرج الكسر بالرقم 1.01 لأخذ الانتفاخ بالاعتبار، ومنه يتضح للمسامية = 0.43 أي 43%.

ولحساب الوزن الحجمي للجدران من الحجر الجصي نأخذ بالاعتبار أن ازدياد الحجم للحجر الجصي عند التصلب بمقدار 1.01 يؤدي إلى وزن حجمي يساوي:

$$\gamma_o = \frac{1+0.186}{0.884 \cdot 1.01} \cdot 1.12 = 1.478 \text{ gr/cm}^3 \text{ أو } 1478 \text{ kg/m}^3$$

**المسألة رقم 84:**

ما هي كمية الكلس النقي (الحجر الكلسي) برطوبة 5% واللازمة للحصول على 10 طن من الكلس غير المطفأ.

الحل: للحصول على كمية 10 طن من الكلس غير المطفأ يجب حرق كمية من الحجر الكلسي وفق:



$$100 = 56 + 44$$

$$\text{ومنه } 10000 \cdot \frac{100}{56} = 17850 \text{ kg}$$

وهذه هي الكمية اللازمة من الحجر الكلسي النقي، ولكن لدينا ومن شروط المسألة أن رطوبة الحجر الكلسي 5% وبأخذ هذه الكمية بالاعتبار يصبح:

$$17850 + (17850 \cdot 0.05) = 18742 \text{ kg}$$

**المسألة رقم 85:**

احسب حجم الفرن الأرضي اللازم للحصول على 20t من الكلس غير المطفأ يومياً إذا

علمت أن الوزن الحجمي للأحجار الكلسية  $\gamma_0 = 1700 \text{ kg/m}^3$  وإن الوقود اللازم (الفحم أو غيره) يشغل حجماً مقداره 25% من الحجم الكلي للفرن وإن عملية التحضير كل مرة (الدورة الواحدة للفرن) تحتاج ليومين.

الحل: للحصول على كمية 20t من الكلس غير المطفأ في اليوم نحتاج لكمية من الحجر الكلسي وفق:

$$20 \times \frac{100}{56} = 35.7t \quad (\text{انظر المسألة السابقة})$$

$$\frac{35.7}{1.7} = 21 \text{ m}^3 \quad \text{ومنه حجم الحجر الكلسي:}$$

أما حجم الفرن الأرضي اللازم لكمية الحجر الكلسي فقط مع الأخذ بعين الاعتبار أن العملية تحتاج ليومين، وعندها يجب مضاعفة حجم الفرن لتحضير الكلس لتتم العملية بيوم واحد فيصبح حجم الفرن:

$$21 \times 2 = 42 \text{ m}^3$$

وبإدخال كمية الوقود اللازمة والتي تشكل 25% من الحجم الكلي للفرن يصبح الحجم:

$$V + 0.25V = 42$$

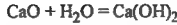
$$(1 - 0.25)V = 42$$

$$V = \frac{42}{0.75} = 56 \text{ m}^3$$

### المسألة رقم 86:

احسب معامل خروج العجينة الكلسية واحسب ذلك وزناً وحجماً إذا علمت أن الكمية المستخدمة من الكلس غير المطفأ 1t وأن الكلس غير المطفأ يتميز بنشاط سببه نسبة  $\text{CaO}$  ومقدارها 70% ونسبة الماء في العجينة 50% من الوزن الكلي، الوزن الحجمي للعجينة الكلسية  $1400 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: نعلم أنه من 1 غرام مول كلس غير مطفأ وفق التفاعل يتم الحصول على كلس مطفأ:



$$56 + 18 = 74$$

ومن 1 طن من الكلس غير المطفأ نحصل على:

$$1000 * \frac{74}{56} = 1321 \text{kg}$$

وبما أن النشاط الكلسي يشكل 70% وذلك النشاط يعود كما ذكرنا لنسبة CaO فإن كمية الكلس المتفاعلة (الذائبة في الماء) تساوي:

$$1000 * \left( \frac{74}{56} * 0.7 + 0.3 \right) = 1225 \text{kg}$$

والرقم 0.3 يعبر عن الكمية غير المتفاعلة ولكنها موجودة داخل الكلس المطفأ.

من شروط المسألة نعلم أن الكلس يشكل 50% من العجينة وزناً والماء 50%.

ومنه فإن كمية 1225kg من الكلس المائي تحتاج إلى نفس الكمية 1225kg من الماء وعندها تشكل العجينة الكلسية 2450kg (وزناً) أو تشكل العجينة الكلسية حجماً:

$$\frac{2450}{1400} = 1.75 \text{m}^3$$

#### المسألة رقم 87:

الكلس المائي: (المقصود به هو مسحوق بودرة الكلس التي تم إطفائها مسبقاً وعادة ما تكون نسبة CaO الحر فيه عالية). ما هي كمية الكلس المائي اللازمة لتحضير 1m<sup>3</sup> خلطة كلسية بوزن حجمي 1400kg/m<sup>3</sup> إذا علمت أن الوزن النوعي للكلس المائي 2.0.

الحل: نرمز لكمية الكلس اللازمة (بالكنغ) للخلطة بالرمز X فتكون كمية الماء W اللازمة:

$$W = 1400 - X$$

ونعلم أن مجموع الحجم المطلق للكلس المائي والماء تساوي 1m<sup>3</sup> وعندها:

$$\frac{X}{2} + \frac{1400 - X}{1} = 1000 \Rightarrow$$

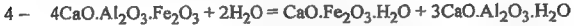
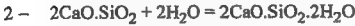
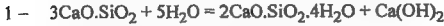
$$X = 800 \text{kg}$$

حيث 2.0 هو الوزن النوعي للكلس المطفأ.

المسألة رقم 88:

يراد تحضير حجر اسمنتي واستخدم لذلك اسمنت بورتلاندي تركيبه الفلزي:  
 $C_3S - 50\%$ ;  $C_2S - 25\%$ ;  $C_3A - 5\%$ ;  $C_4AF - 18\%$ ,  
المرتبط كيميائياً (المتفاعل) ولأجل ذلك يتوجب بيان نواتج الفلزات الكالينكزية.

الحل: من أجل حل هذه المسألة يجب التطرق إلى تفاعلات تصلب كلينكر الاسمنت البورتلاندي. ويمكن أن نعتبر أن هذه التفاعلات هي وفق المينيرالات المذكورة أعلاه:



وهكذا فإن الماء موجود في كل مركب بنسبة %:

1 - في المركب  $3CaO.SiO_2.5H_2O$  يكون:

$$3(40 + 16) + (28 + 32) + 5(2 + 16) = 318$$

الماء كما هو ملاحظ  $5(2 + 16)$  فيكون:

$$W = \frac{90}{318} * 100 = 28.3\%$$

2 - في المركب  $2CaO.SiO_2.2H_2O$  يكون:

$$2(40 + 16) + (28 + 32) + 2(2 + 16) = 208$$

والماء كما هو ملاحظ:  $2(2 + 16)$

$$W = \frac{36}{208} * 100 = 17.3\%$$

3 - في المركب  $3CaO.Al_2O_3.6H_2O$  يكون:

$$3(40 + 16) + (53.94 + 48) + 6(2 + 16) = 378$$

$$W = \frac{108}{378} * 100 = 28.6\%$$

$$W = \frac{108}{378} * 100 = 28.5\% \text{ ومنه نسبة الماء لهذا المركب:}$$

4 - في المركب  $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  يكون:

$$4(40 + 16) + (53.94 + 48) + (111.68 + 48) + (2 + 16) = 633$$

الماء كما هو ملاحظ  $2(2 + 16) = 36$

$$W = \frac{36}{633} * 100 = 5.68\% \text{ ومنه}$$

وبالنتيجة فإن كمية الماء اللازمة لتصلب كل مركب حسب نسبته:

$$1 - \text{من أجل } \text{C}_3\text{S} = 50\%$$

$$W = \frac{50 * 28.3}{100} = 14.15\%$$

$$2 - \text{من أجل } \text{C}_2\text{S} = 25\%$$

$$W = \frac{25 * 17.3}{100} = 4.3\%$$

$$3 - \text{من أجل } \text{C}_3\text{A} = 5\%$$

$$W = \frac{5 * 28.3}{100} = 1.4\%$$

$$4 - \text{من أجل } \text{C}_4\text{AF} = 18\%$$

$$W = \frac{18 * 5.68}{100} = 1.02\%$$

$$W = 14.15 + 4.3 + 1.4 + 1.02 = 20.87 \approx 21\% \text{ وكامل النسبة للماء}$$

إذاً يتبين أن نسبة الماء المرتبط كيميائياً تساوي تقريباً 21%. ولكن يجب التأكيد على أنه للحصول على عينة ذات لدونة مقبولة (متحركة ومطاوعة) فإنه عادة ما تضاف كميات من الماء أكبر من ذلك بعدة مرات.

### المسألة رقم 89:

إذا علمت أن الوزن النوعي للاسمنت  $3.1 \text{ gr/cm}^3$  وتم تحضير عينة اسمنتية احتوت على نسبة ماء 28% وكانت نسبة الماء المتفاعل (المرتبط كيميائياً) تساوي 20% من وزن الاسمنت. احسب المسامية الحاصلة (المتشكلة) في الحجر الاسمنتي.

الحل: من الواضح أن العجينة الاسمنتية تتشكل من جزء واحد من الاسمنت و 0.28 جزء من الماء ومنه:

فإن الحجم المطلق للعجينة الاسمنتية يصبح مساوياً:

$$V = \frac{1}{3.1} + 0.28 = 0.60$$

والحجم المطلق للحجر الاسمنتي:

$$V_1 = \frac{1}{3.1} + 0.2 = 0.52$$

ومنه كثافة الحجر الاسمنتي:

$$\frac{V_1}{V} = \frac{0.52}{0.60} = 0.86$$

وهكذا يتضح أن نسبة الماء 0.14 أو 14%.

**المسألة رقم 90:**

احسب المسامية في العجينة الاسمنتية المتصلبة والحاوية على الاسمنت البورتلاندي والحاوية على الماء بنسبة 40% علماً أن نسبة الماء اللازمة لحصول التفاعل هي 18% والوزن النوعي للإسمنت البوزولانسي 2.95.

الحل: تتألف العجينة الاسمنتية من جزء واحد من الإسمنت و 0.4 جزء من الماء وزناً.

ومنه فإن الحجم المطلق الذي تشغله العجينة الاسمنتية:

$$V = \frac{1}{2.95} + 0.40 = 0.74$$

الحجم المطلق الذي يشغله الحجر الاسمنتي:

$$V = \frac{1}{2.95} + 0.18 = 0.52$$

ومنه كثافة الحجر الاسمنتي:

$$\frac{V_1}{V} = \frac{0.52}{0.74} = 0.7$$

ويتضح أن المسامية تساوي 0.3 أو 30%



### المسألة رقم 91:

إنتاج الإسمنت البورتلاندي لدينا الحجر الكلسي والغضار بتركيب كيميائي كما هو

موضح:

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	التسمية
0.7	1	8	5	48	الحجر الكلسي
6	10	55	1	6	الغضار

فإذا كان معامل الإشباع المطلوب هو  $K = 0.90$  للإسمنت المراد تحضيره فما هي:  
نسب الغضار والحجر الكلسي المطلوبة.

إذا علمت أن حساب معامل الإشباع وفق المواصفات السورية وغيرها يتم حسب:

$$K = \frac{\text{CaO} - 1.65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.35\text{Fe}_2\text{O}_3}{2.8\text{SiO}_2} = 0.90$$

فاشرح لماذا مجموع النسب الداخلة في التركيب لا يساوي 100%.

الحل: نرمز لنسبة الغضار إلى الحجر الكلسي بـ  $\frac{1}{X}$  فيكون لدينا:

$$K = \frac{\text{CaO} - 1.65\text{Al}_2\text{O}_3 - 0.35\text{Fe}_2\text{O}_3}{2.8\text{SiO}_2} = 0.90$$

ومن جدول التركيب الكيميائي:

$$K = \frac{6 + 48X - 1.65(10 + X) - 0.35(6 + 0.7X)}{2.8(55 + 8X)} = 0.90$$

ومنه  $X = 2.3$

فتصبح نسبة الغضار إلى الحجر الكلسي  $\frac{1}{2.3}$

أما مجموع النسب فإنه لا يساوي 100% لأن الاتحادات الموجودة في الجدول لهذه المسألة

وفي المواصفات جميعها تدرج بشكل أكاسيد، وأما في الطبيعة فإنها توجد بشكل فحومات حامضية أو اتحادات مائية.

## المسألة رقم 92:

نعلم أنه يتم الحصول على جص البناء  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  (كبريتات الكالسيوم نصف المائية) من الحجر الجيري  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  بالتسخين ويتم أيضاً الحصول على أساس الإسمنت الأهدريتي  $\text{CaSO}_4$  كبريتات الكالسيوم بدون ماء من نفس المصدر.

احسب خروج جص البناء وكذلك الرابط الأهدريتي الناتج عن معالجة 1t من الأحجار الجصية من نوع متوسط الجودة رطوبتها 7%، إذا علمت أنها تحتوي على 80% من  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  وتحتوي في الشوائب على الغضار بنسبة 7% والرمل بنسبة 9% والشوائب الأخرى بنسبة 4% وهي شوائب محترقة (عضوية).

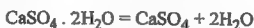
الحل: إن كتلة الحجر الجيري الجاف تساوي:

$$m_{G1} = 1000 \cdot 0.93 = 930 \text{ kg}$$

وفي التفاعل الكيميائي الذي يتم للحصول على الروابط يشترك الجص ثنائي الماء بكتلة تساوي:

$$m_{G2} = 930 - 0.2 \cdot 930 = 744 \text{ kg}$$

وإن صيغ تفاعل الحصول على جص البناء والرابط الأهدريتي هو:



ومنه فإن كمية الجص نصف المائي وكذلك الأهدريتي في الجص البنائي وفي الرابط الأهدريتي والتي سيتم الحصول عليها من كمية 744kg من الجص يمكن حسابها من التناسب:

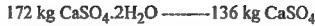
$$172 \text{ kg } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ----- } 145 \text{ kg } \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$$

$$744 \text{ kg } \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ ----- } X \text{ kg}$$

ومنه:

$$X(\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}) = \frac{744 \cdot 145}{172} = 627 \text{ kg}$$

وكذلك:



ومنه:

$$X(\text{CaSO}_4) = \frac{744 \cdot 136}{172} = 588 \text{ kg}$$

وتنتقل الشوائب أيضاً إلى الرابط بنسبة 16% من كتلة الحجر الجيري الجاف (حيث تحترق الشوائب العضوية) وهذا يعني أن كتلتها تساوي 149kg، وهكذا يتضح أنه من 1t من الحجر الجيري يجب أن يتم الحصول على:

$627 + 149 = 776 \text{ kg}$  (حيث الرقم 149 هو نسبة 16% من كتلة الحجر الجيري الجاف)

وهو خروج الرابط الانهدريتي.

#### المسألة رقم 93:

ما هي كمية الفحم الحجري اللازمة للحصول على كمية 20t من الكلس غير المطفأ (CaO) وذلك بمعالجة الحجر الكلسي النقي  $\text{CaCO}_3$  إذا علمت أن العطاء الحراري للفحم 6300 kcal/kg وإن كل 1 غرام مول من الحجر الكلسي يحتاج لكي يتفكك إلى 42.5kcal.

الحل: لتفكيك 1 غرام مول من الحجر الكلسي نحتاج إلى كمية من الحرارة وفق ما يلي:



$$100 + 42.5 \text{ kcal} = 56 + 44$$

وبالتالي ومن أجل الحصول على 20t من الكلس الحي (غير المطفأ) نحتاج لكمية حرارة:

$$\frac{100 \cdot 20000}{56} \cdot 42.5 \approx 1520000 \text{ kcal}$$

أو:

$$\frac{1520000}{6300} = 241 \text{ kg من الفحم الحجري}$$

#### المسألة رقم 94:

ما هي الكمية المطلوبة من الحجر الكلسي النقي برطوبة 5% اللازمة للحصول على 10t

من الكلس الحي.

الحل: للحصول على 10t من الكلس الحي لابد من معالجة (حرق) كمية من الحجر الكلسي وفق:



$$100 = 56 + 44$$

$$\text{ومنه } 10000 \times \frac{100}{56} = 17850 \text{ kg}$$

وهذه هي كمية الحجر الكلسي الجاف اللازم.

ولكن ومن شروط المسألة فإن رطوبة الحجر الكلسي 5% ولذلك فالحاجة الفعلية للحجر الكلسي هي:

$$17850 + (17850 \times 0.05) = 18742 \text{ kg}$$

#### المسألة رقم 95:

إذا علمت أنه للحصول على 1 مول من الجص نصف المائي بنتيجة معالجة الجص ثنائي الماء يتوجب لذلك نظرياً كمية حرارة  $q = 84 \text{ kJ}$ ، وللحصول على 1 مول من الكلس الحي بمعالجة كربونات الكالسيوم يتوجب صرف كمية من الحرارة تساوي  $q_1 = 190 \text{ kJ}$ . فما هي كمية الوقود (الافتراضي) اللازمة للحصول على 1t من  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  ونفس الكمية من CaO إذا علمت أن 1 طن من الوقود (المفترض) يعطي كمية من الحرارة تساوي 29330 كيلو جول.

الحل: إن الكتلة المولية للمركب:  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  تساوي 145 gr/mol.

وبالتالي فإن الحصول على 1 طن من الجص نصف المائي يتطلب:

$$Q = \frac{q \times 1000}{0.145} = \frac{84 \times 1000}{0.145} = 579310 \text{ kJ}$$

وإن 1 طن من الوقود (المفترض) يعادل 29330 كيلو جول من الحرارة ومنه فإن الحصول على 1 طن من الجص نصف المائي يتطلب كمية من الوقود تساوي:

$$m = \frac{579310}{29330} = 19.75 \text{ kg}$$

وللحصول على 1 طن من CaO يلزم كمية من الوقود تساوي:

$$m_1 = \frac{190 \cdot 1000}{0.056 \cdot 29330} = 115.7 \text{ kg} \quad (\text{حيث الرقم } 0.056 \text{ هو الوزن الذري للمركب CaO})$$

المسألة رقم 96:

احسب مسامية الجص البنائي المتصلب إذا علمت أن العلاقة المئوية الجصية W/G تساوي

$$0.7 \text{ والوزن النوعي للجص وحده } \gamma_G = 2.7 \text{ gr/cm}^3.$$

الحل: طريقة أولى: لتحديد مسامية جص البناء المتصلب يجب تحديد وزنه النوعي ووزنه

الحجمي.

ولتحديد وزنه النوعي يجب معرفة الوزن ويساوي مجموع وزن الجص ووزن الماء المتحد

كيميائياً معه في وحدة الحجم المطلق ( $V_g$ ). ولحساب نسبة الماء المرتبط كيميائياً نعود إلى

معادلة الإماهة للمركب الأساسي لجص البناء وهو المركب  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  ومنه:



$$145 + 27 =$$

$$W = \frac{27 \cdot 100}{145} = 18.6\% \quad \text{ومنه كمية الماء المرتبط كيميائياً}$$

وإذا افترضنا أن كثافة الماء المرتبط كيميائياً تساوي الواحد، عندها يكون الوزن النوعي

للجص البنائي المتصلب:

$$\gamma = \frac{2.7 + (2.7 \cdot 0.186)}{1 + (2.7 \cdot 0.186)} = 2.13 \text{ gr/cm}^3$$

أما الوزن الحجمي للجص المتصلب فيحسب بدلالة الحجم (V) الذي يحتوي على

المسامات التي ظهرت نتيجة لتبخر الماء الزائد (غير المرتبط كيميائياً):

$$\gamma_o = \frac{2.7 + 2.7 \cdot 0.186}{1 + 2.7 \cdot 0.7} = 1.1 \text{ gr/cm}^3$$

ومنه فإن مسامية الجص المتصلب:

$$P_G = \left(1 - \frac{Y_o}{Y}\right) * 100 = \left(1 - \frac{1.1}{2.13}\right) * 100 = 48\%$$

طريقة ثانية للحل:

$$P = \left(\frac{V - V_a}{V}\right) * 100 = \frac{(1 + 2.7 * 0.7) - (1 + 2.7 * 0.186)}{1 + 2.7 * 0.7} * 100 = 48\%$$

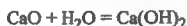
### المسألة رقم 97:

ما هي كتلة وحجم العجينة الكلسية ذات الرطوبة  $W_m = 50\%$  التي يمكن الحصول عليها من كتلة  $m_c = 15 \text{ t}$  من الكلس الحي ذي الفعالية  $A = 85\%$  إذا علمت أن الوزن الحجمي للعجينة الكلسية يساوي  $\gamma_{OT} = 1400 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: إن مصطلح الفعالية يقصد به هنا نسبة  $\text{CaO}$  النقية الفعالة، ومنه نسبة  $\text{CaO}$  النشط

$$\text{CaO}_{akt} = \frac{A * m_c}{100} = \frac{85 * 15}{100} = 12.75 \text{ t من الكلس الحي:}$$

ومن المعلوم أن اطفاء الكلس يتم وفق المعادلة:



$$56 = 74$$

ومن الواضح أن 56 جزءاً وزنياً للمركب  $\text{CaO}$  يعطي 74 جزءاً وزنياً من الكلس الجاف المتيمه (المتفاعل مع الماء)

ومن كمية 12.75t من  $\text{CaO}$  يمكن الحصول على:

$$m_1 = m_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{12.75 * 74}{56} = 16.84 \text{ t}$$

ومنه فإن كتلة العجينة الكلسية  $m_2 = m_m$

$$m_m = \frac{100 m_{\text{Ca(OH)}_2}}{100 - W_m} = \frac{100 * 16.84}{50} = 33.68 \text{ t}$$

وحجمها:

$$V_m = \frac{m_m}{\gamma_{OT}} = \frac{33.68}{1.4} = 24.05 \text{ m}^3$$

### المسألة رقم 98:

من المعلوم أن الكلس المائي - مثل الكلس الهوائي - يتميز بأنه يمكن تحويله إلى مسحوق ليس فقط بالطحن ولكن أيضاً بإطفائه أي بتأثير الماء على قطع الكلس غير المطفأ.

احسب كمية الكلس المائي وكمية الماء في  $m_m = 10t$  من العجينة الكلسية ذات الوزن الحجمي  $\gamma_{om} = 1400 \text{ kg/m}^3$  إذا علمت أن الوزن النوعي لمسحوق الكلس المائي  $\gamma_{pc} = 2.05 \text{ gr/cm}^3$ .

الحل: إن  $1 \text{ m}^3$  من العجينة الكلسية يمكن تصوره من خلال مجموع حجم الكلس المائي وحجم الماء وفق:

$$\frac{m_{pc}}{\gamma_{pc}} + \frac{m_w}{\gamma_w} = 1$$

حيث:  $m_{pc}$  كتلة الكلس المائي بشكل مسحوق  
 $m_w$  كتلة الماء

$\gamma_w$  الوزن النوعي للماء.

ومنه:  $1 = \frac{m_{pc}}{2.05} + \frac{1.4 - m_{pc}}{1}$  ومن هنا فإن  $1 \text{ m}^3$  من العجينة الكلسية يحتوي على كتلة

من الكلس المائي تساوي  $m_{pc} = 0.781t$  وتشكل 55% ويحتوي على الماء  $m_w$ :

$$m_w = 1.4 - 0.781 = 0.619 t = (45\%)$$

وفي  $10t$  من العجينة الكلسية يوجد كلس مائي:

$$m'_{pc} = \frac{0.781 \cdot 10}{1.4} = 5.58t$$

ويوجد ماء:  $m'_w = 4.42t$

ويمكن أيضاً حساب محتوى العجينة الكلسية من الكلس المائي كما في كل العجائن في

حقل البناء يمكن حسابه من العلاقة:

$$T = \frac{\gamma_{pc}(\gamma_o - 1000)}{\gamma_{pc} - 1} \quad (\text{المرجع 1-2-3})$$

حيث:  $T$  محتوى المادة الصلبة في العجينة ( $\text{kg/m}^3$ )

$\gamma_{pc}$  الوزن النوعي للمادة الصلبة (الكلس المائي) والتي تصنع مع الماء كتلة عجائنية (العجينة الكلسية) ( $gr/cm^3$ ).  
 $\gamma_o$  الوزن الحجمي للعجينة ( $kg/m^3$ ).

### المسألة رقم 99:

احسب النشاط الكلسي (A) الحاصل من عينة من الحواري تحتوي على 42.5% من CaO وعلى 3.5% من MgO وعلى 17.5% من  $SiO_2 + Al_2O_3$ ، إذا علمت أن نسبة الكربنة للحواري عند الحرق  $X = 0.9$  وأن الفاقد بالحرق للحواري  $f.f. = 36.5\%$ .

الحل: لحساب النشاط الكلسي A يمكن استخدام العلاقة التي تفترض أن  $CO_2$  المتبقي في المادة المحترقة يتصل فقط بأكاسيد الكالسيوم، ومنه:

$$A = \frac{CaO + MgO - 1.27 * f.f. * (1 - x)}{CaO + MgO + SiO_2 + R_2O_3 + f.f.(1 - x)} * 100 \quad (\text{المرجع 2})$$

حيث  $R_2O_3$  - هي النسبة المئوية لمحتوى المادة من  $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ . ومنه:

$$A = \frac{42.5 + 3.5 - 1.27 * 36.5(1 - 0.9)}{42.5 + 3.5 + 17.5 + 36.5(1 - 0.9)} * 100 = 61.6\%$$

### المسألة رقم 100:

لتحديد نسبة الجص نصف المائي في جص البناء أخذت عينة مسحوق الجص بوزن  $m_G = 2.5gr$  حيث جففت للوزن الثابت وتم معاملتها بالماء (صنع عجينة جصية) حيث تم تجفيف المادة المتصلبة بدرجة حرارة  $50 - 55^\circ$  للوزن الثابت الذي تبين أنه يساوي  $m_{G.T} = 2.84gr$ . فما هي نسبة  $CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$  في جص البناء؟

الحل: من التفاعل التالي:



يمكن استنتاج أنه لأجل إمالة (ذوبان) 145gr من  $CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$  يتطلب 27gr من الماء.



وفي هذه المسألة: من أجل إمامة (ذوبان) X gr من الجص نصف المائي يحتاج  $(m_{GT} - m_G)gr$  من الماء. ومنه:

$$X = \frac{145 * (m_{GT} - m_G)}{27 * m_G} * 100 = \frac{145 * 0.34}{27 * 2.5} * 100 = 73\%$$

المسألة رقم 101:

إذا علمت أن التركيب الكيميائي للكلينكر الاسمتسي %:  $CaO - 65.5$ ,  $SiO_2 - 22.2$ ,  $Al_2O_3 - 6.4$ ,  $Fe_2O_3 - 3.1$ ,  $MgO - 1.5$ ,  $SO_3 - 0.4$ ,  $Na_2O - 0.9$ .  
فاحسب ما سيحتويه هذا الكلينكر من  $C_3S$  (سيليكات الكالسيوم الثلاثية - آلتي)،  
ومن  $C_2S$  (سيليكات الكالسيوم الثنائية - بيلتي)، ومن  $C_4AF$  (ألومينات وحديدات  
الكالسيوم الرباعية - سيلتي)، وكذلك من  $CaSO_4$  (كبريتات الكالسيوم).  
وباستخدام الجدول رقم (11) صنف هذا الكلينكر.

الجدول (11): التصنيف الفلزي للكلينكر

المحتوى %				تسمية الكلينكر
$C_4AF$	$C_3A$	$C_2S$	$C_3S$	
-	-	أقل من 15	أكثر من 60	عالي الآليتي
-	-	37.5 - 15	37.5 - 60	ذو محتوى طبيعي للآليتي
-	-	أكثر من 37.5	أقل من 37.5	بيلتي
أقل من 10	أكثر من 15	-	-	ألوميناتي
18 - 10	7 - 15	-	-	ذو محتوى طبيعي للألومينا
أكثر من 18	أقل من 7	-	-	سيلتي

الحل: يمكن تحديد التراكيب الفلزية لأنواع الكلينكر الاسمتسي باستخدام العلاقات:  
 $C_3S = 3.8SiO_2 (3KH - 2)$  (المواصفة القياسية السورية الخاصة بالاسمنت البورتلاندي)  
 $C_2S = 8.6 SiO_2 (1 - KH)$

حيث: KH - معامل الإشباع الذي يبين نسبة كمية أكسيد الكالسيوم في الكلينكر والمتحد فعلاً مع السيلكا إلى كميته الضرورية نظرياً للاتحاد الكامل للسيلكا في سيليكات الكالسيوم الثلاثية.

ويمكن حساب معامل الاشباع بالعلاقة المبسطة:

$$KH = \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3}{2.8SiO_2} \text{ (مواصفات لاسمنت البورتلاندي القياسية)}$$

وأما العلاقات اللازمة لحساب  $C_3A$  و  $C_4AF$  فيمكن اختيارها ويتعلق هذا الاختيار بنسبة الموديل السيليكاتي SM الذي يساوي نسبة محتوى  $Al_2O_3$  إلى  $Fe_2O_3$  في المادة المدروسة. (جميع العلاقات والمعلومات الضرورية لهذه المسألة موجودة في أغلب المواصفات المحلية والعالمية الخاصة بالاسمنت).

فعندما يكون  $SM > 0.64$  فإنه:

$$C_3A = 2.65 (Al_2O_3 - 0.64 Fe_2O_3)$$

$$C_{LI}AF = 3.04 Fe_2O_3$$

وعند  $SM < 0.64$  فإنه:

$$C_3A = 1.7 (Fe_2O_3 - 1.57 Al_2O_3)$$

$$C_4AF = 4.77 Al_2O_3$$

ويحسب محتوى سولفات الكالسيوم من العلاقة:

$$CaSO_4 = 1.7 SO_3$$

وباستخدام العلاقات المذكورة يتم حساب التركيب المنرالي للكلينكر استناداً للتحليل الكيميائي.

$$KH = \frac{65.5 - 1.65 - 0.35 * 3.1}{2.8 * 22.2} = 0.87$$

$$SM = 6.4 * 3.1 = 2.06$$

$$C_3S = 3.8 * 22.2 (3 * 0.87 - 2) = 51.4\%$$

$$C_2S = 8.6 * 22.2 (1 - 0.87) = 24.8\%$$

$$C_3A = 2.65 (6.4 - .64 * 3.1) = 11.7\%$$

$$C_4AF = 3.04 * 3.1 = 9.42\%$$

$$CaSO_4 = 1.7 * 0.4 = 0.68\%$$

ويصنف الكلينكر بأنه طبيعي الألومينا.

### المسألة رقم 102:

المطلوب الحصول على كلينكر اسمنتسي ذي معامل إشباع  $KH = 0.88$ .  
فما هي النسب اللازمة من الغضار والحجر الكلسي للحصول على الكلينكر المطلوب إذا علمت أن التراكيب الكيميائية % للغضار والحجر الكلسي مدرجة كما يلي:

المادة	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	مواد أخرى
الحجر الكلسي	7.80	1.65	1.04	48.8	0.91	-	39.80
الغضار	64.55	16.51	8.17	1.90	0.89	0.79	7.19

الحل: إذا رمزنا لمحتوى الكلينكر من الغضار والحجر الكلسي بـ (حجر كلسي) X:  
(غضار) 1 تأخذ علاقة معامل الإشباع KH الشكل التالي (انظر المسألة السابقة):

$$0.88 = KH = \frac{1.9 + 48.8X - 1.65(16.51 + 1.65X) - 0.35(8.17 + 1.04X)}{2.8(64.55 + 7.8X)}$$

ومنه  $X \approx 7$  وهي أمثال كتلة الحجر الكلسي، وهذا يعني أن المزيج الذي سيحضّر منه الكلينكر المطلوب سيتشكل من الحجر الكلسي بنسبة 87.6% ومن الغضار بنسبة 12.4%.

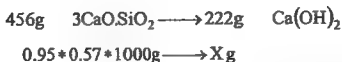
المسألة رقم 103: احسب كمية  $Ca(OH)_2$  الناتجة (المطروحة) بناتج تفاعل 1kg من الإسمنت البورتلاندي مع الماء تفاعلاً كاملاً علماً أن الإسمنت يحتوي على 95% كلينكر و5% جص، والنترالات الرئيسية في الكلينكر هي %:  $C_3S - 57$ ;  $C_2S - 22$ ;  $C_3A - 7$ ;  $C_4AF - 11$ .  
وأنه ولكي يتم ربط  $Ca(OH)_2$  بشكل كامل يمكن إضافة الترييل (الطرابلسية) الذي سيشارك في إمالة  $C_3S$  ويحتوي على السيلكا، فإذا كانت نسبة السيلكا  $SiO_2 = 72\%$  في الترييل فما هي كمية الترييل المضاف لهذا الغرض.

الحل: كما ورد أعلاه فإن طرح هيدروكسيد الكالسيوم  $Ca(OH)_2$  يتم بشكل رئيسي نتيجة التحلل بالماء عند إمالة  $C_3S$ .

ويجري كما هو معروف في الظروف الطبيعية وفق مخطط إمالة  $C_3S$ .



ويمكن إيجاد كمية ماءات الكالسيوم  $\text{Ca(OH)}_2$  المطروحة بنتيجة تفاعل الإماهة السابق وفق التناسب:



ومنه  $X \cdot \text{Ca(OH)}_2 = 264gr$

- وعندما يحصل التأثير المتبادل بين  $\text{Ca(OH)}_2$  مع السيلكا  $\text{SiO}_2$  المحتواة في الترييل فيمكن الافتراض أنه نتيجة هذا التأثير يتشكل سيليكات الكالسيوم الأحادية المائية  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (التي تساعد في منع تأثير الماء على الحجر الإسمنتي وترتفع بالتالي مقاومة الإسمنت ضد الماء).

- إذا لربط 1 مول أي 74gr من  $\text{Ca(OH)}_2$

يلزم لذلك 1 مول أي 60gr من  $\text{SiO}_2$

ولأجل ربط 264gr من  $\text{Ca(OH)}_2$  يلزم لذلك X gr من  $\text{SiO}_2$  ومنه:

$$X = \frac{264 * 60}{74} = 214.05gr$$

أي لربط ماءات الكالسيوم  $\text{Ca(OH)}_2$  التي تطرح بإماهة 1kg من الإسمنت يلزم كمية من الترييل المضاف:

$$214.05/0.72 = 279gr$$

#### المسألة رقم 104:

إذا علمت أن الحرارة المنتشرة بنتيجة تفاعلات انحلال الإسمنت في الماء (الإماهة) عند إشادة السلدود البيتونية يجب أن لا تزيد عن 210 kJ/kg بعمر 3 أيام ويجب أن لا تزيد عن 251 kJ/kg بعمر 7 أيام.

فاحسب حرارة إماهة الإسمنت بعمر 3 أيام وبعمر 7 أيام، إذا كان محتوى الإسمنت من الفلزات هو التالي %:

هذا  $C_3S - 47.5$ ;  $C_2S - 21.4$ ;  $C_3A - 7.8$ ;  $C_4AF - 14.5$ . وهل يسمح باستخدام هذا

الإسمنت في بناء السدود البيتونية؟

الحل: يمكن حساب حرارة إمالة الإسمنت  $q_n$  بالاستعانة بالعلاقة النسبية نستخدم للحسابات السريعة التقريبية وهي:

$$q_n = a_n C_3S + b_n C_2S + c_n C_3A + d_n C_4AF \quad (\text{المرجع 5})$$

حيث:  $d_n$ ;  $c_n$ ;  $b_n$ ;  $a_n$  هي معاملات نشر الحرارة للفلزات الموجودة وعلى التوالي وهي في الجدول رقم (12):

الجدول (12)

$d_n$ $C_4AF$	$c_n$ $C_3A$	$b_n$ $C_2S$	$a_n$ $C_3S$	مدة التصلب (يوم)
-0.499	6.36	0.666	3.89	3
-1.73	8.67	0.967	4.57	7
0.59	9.63	0.641	4.78	28

ومنه:

$$q_n = 3.89 * 47.5 + 0.666 * 21.4 + 6.36 * 7.8 - 0.499 * 14.5 = 178.9 \quad \text{kJ/kg}$$

$$q_7 = 4.57 * 47.5 + 0.967 * 21.4 + 8.67 * 7.8 - 1.73 * 14.5 = 280.28 \quad \text{kJ/kg}$$

وكما يتضح نتيجة الحسابات بأن كمية الحرارة المنتشرة بنتيجة تفاعل ذوبان الإسمنت بمر 7 أيام هي خارج الحد المسموح به.

ومن المعروف أن الحرارة المنتشرة نتيجة التفاعل يمكن أن تسبب في ظهور تشققات ولا يسمح بذلك في السدود البيتونية.

وللحكم بشكل نهائي بشأن السماح باستخدام هذا الإسمنت يجب إجراء التجارب بشكل فعلي وقياس الحرارة المنتشرة أثناء تفاعل الإمالة للإسمنت.

**مسائل غير محلولة – المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية) الجص – الكلس – الاسمنت:**

**مسألة 66:**

تجري معالجة صنفين من الأحجار الجصية نوع أول من حيث الجودة ونوع رابع وذلك للحصول على جص البناء (الجص نصف المائي).  
فإذا علمت أن الصنف الأول يحتوي على الجص ثنائي الماء بنسبة 97% ويحتوي الصنف الرابع على 72% منه، فما هي كمية الجص نصف المائي الزائدة بالكغ نتيجة معالجة 1t من الصنف الأول عن الكمية الناتجة عن معالجة 1t من الصنف الرابع؟

**مسألة 67:**

من المعلوم أن إنتاج الكلس  $\text{CaO}$  يتم بمعالجة الأحجار الكلسية فإذا تمت معالجة ثلاثة أنواع مختلفة المنشأ من الأحجار الكلسية تركيبها في الجدول رقم (13)، فاحسب كمية ونشاط الكلس الناتج عن كل نوع من أنواع الحجر الكلسي المستخدم.

**الجدول (13)**

الحجر الكلسي	محتوى $\text{CaCO}_3$ %	محتوى $\text{MgO}$ %	محتوى الشوائب الغضارية %
النوع الأول	93%	4%	3%
النوع الثاني	86%	6%	8%
النوع الثالث	77%	20%	3%

**مسألة 68:**

ما هي كمية الحرارة المنتشرة عند إطفاء 150 kg من الكلس الحاروي على 85% من  $\text{CaO}$  النشط. إذا علمت أن إطفاء 1 مول من المادة ينشر حرارة بكمية 65. kJ.

**مسألة 69:**

ما هي كمية الكلس بنشاط 92% والمتوجب استخدامها لنشر الحرارة من أجل الحصول

على حصص البناء بمعالجة 50 kg من الحجر الجيري الحاوي على 99% من  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، إذا علمت أن كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 مول من الجص ثنائي الماء إلى الجص نصف المائي هي 84 kJ، وكمية الحرارة المنتشرة عند إطفاء 1 gr/mol من CaO هي 65 kJ (مع افتراض عدم وجود حرارة ضائعة).

#### مسألة 70:

إذا علمت أن كل 1 kg من الفحم الحجري يعطي باحتراقه حرارة بكمية 25500 kJ، فما هي الكمية اللازمة منه لمعالجة 1t من الحجر الكلسي الحاوي على  $\text{CaCO}_3$  بنسبة 85% وعلى شوائب غضارية بنسبة 15% علماً أن عملية الحرق تتم بدرجة حرارة  $1000^\circ\text{C}$  والسعة الحرارية للشوائب الغضارية  $0.92 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ، ولمعالجة 1 مول من  $\text{CaCO}_3$  يلزم 179 kJ مع افتراض أن المفاقد الحرارية في الفرن يساوي 15.5%.

#### مسألة 71:

من المعلوم أن تحضير عجينة جصية بلزوجة مقبولة للحصول على منتجات جصية للبناء يتطلب (50-70%) ماء، وللحصول على منتجات جصية عالية المتانة للبناء (تقنية) يلزم (40 - 30) ماء. فإذا علمت أن الوزن النوعي لمنتجات الجص البنائي ومنتجات الجص عالي المتانة واحد تقريباً ويساوي  $2.7 \text{ gr/cm}^3$ ، فاحسب وقارن المسامية للمنتجات بعد تصلبها وجفافها لكلا النوعين مفترضاً أن المادة الأولية للنوعين هي  $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$  فقط.

#### مسألة 72:

هناك نوعان من الإسمنت: الأول بورتلاندي اللزوجة النظامية للعجينة المحضرة منه  $N_G = 25.5\%$  (نسبة الماء وزناً وبالنسبة للمثوية) ووزنه النوعي  $\gamma = 3.1 \text{ gr/cm}^3$ ، والثاني بورتلاندي بوزولانسي لزوجة العجينة المحضرة منه نظامياً  $N_G = 37.3\%$  والوزن النوعي له  $\gamma = 2.75 \text{ gr/cm}^3$ ، فإذا علمت أن الإسمنت البورتلاندي يربط كنسبة من وزنه: 19.8% من الماء فقط عند إماتهته بشكل كامل والإسمنت البوزولانسي يربط 16.7% من الماء عند إماتهته كلياً، ودرجة الإماتهة للإسمنت البورتلاندي بعمر 28 و180 يوماً هي على التوالي: 43% و

60% وللبوزولاني 40% و57%.

فما هي مسامية الحجر الإسمنتي المحضر من الإسمنت البورتلاندي بالأعمار المذكورة وماهي مسامية الحجر الإسمنتي المحضر من الإسمنت البوزولاني لنفس الأعمار.

مسألة 73:

ما هي كمية الإسمنت وكمية الماء التي استخدمت للحصول على 10 kg من العجينة الإسمنتية ذات الوزن الحجمي  $1550 \text{ kg/m}^3$  إذا علمت أن الوزن النوعي للإسمنت البورتلاندي المستخدم  $3.1 \text{ gr/cm}^3$ .

مسألة 74:

إذا علمت أن العلاقة المائبة الجصية  $W/G = 0.7$  والوزن النوعي للجص  $2.7 \text{ gr/cm}^3$  فاحسب الوزن الحجمي للعجينة الجصية وفق الشروط المذكورة.

مسألة 75:

من المعلوم أن تركيب الكلينكر الذي يتم الحصول على الإسمنت المقاوم للكبريتات منه يجب أن يكون التالي:

$C_3S \leq 50\%$ ،  $C_2S \leq 5\%$ ،  $C_3A \leq 22\%$ ،  $C_4AF \leq 22\%$ ، فهل يمكن اعتبار الاسمنت البورتلاندي ذي

التركيب التالي مقاوماً للكبريتات:

التركيب الكيميائي %  $CaO - 63.8$ ،  $SiO_2 - 21.5$ ،  $Al_2O_3 - 5.1$ ،  $Fe_2O_3 - 5.7$ ،  $MgO - 2.9$ ،  $SO_3 - 0.6$ ،  $Na_2O - 0.4$ .

مسألة 76:

من المعلوم أن الكلينكر الخاص بإنتاج الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب يحتوي على سيليكات الكالسيوم الثلاثية وألومينات الكالسيوم الثلاثية بنسبة لاتقل عن (65-60) كمجموع للمركبين مع بعضهما.

المطلوب: هل يعتبر الكلينكر ذو التركيب التالي مقبولا لإنتاج الإسمنت سريع التصلب:



التركيب %:  $\text{CaO}$ -66.4،  $\text{SiO}_2$ -22.1،  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -6.1،  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -3.2،  $\text{MgO}$ -1.4،  $\text{Na}_2\text{O}$ -0.5،  $\text{SO}_3$ -0.3.

مسألة 77:

من أجل الحصول على كلينكر لإنتاج الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب يجب رفع قيمة معامل الإشباع (معامل إشباع السيلكا بأوكسيد الكالسيوم) إلى قيمة  $\text{KH} = 0.91$ .  
والمطلوب ما هي نسبة الحجر الكلسي ونسبة الغضار التي يجب أخذها لإنتاج الكلينكر المطلوب ذو معامل الإشباع  $\text{KH}$  بالقيمة المذكورة، إذا علمت أن التركيب الكيميائي للحجر الكلسي والغضار كما يلي %:

محتويات أخرى	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
40.7	0.5	45.5	0.8	1.4	11.2	الحجر الكلسي
9.6	—	5.4	7.6	15.9	61.5	الغضار

مسألة 78:

إن وجود ماءات الكالسيوم أي ما يسمى الكلس الحر  $\text{Ca(OH)}_2$  في نواتج عملية إماعة الإسمنت وخاصة منه الإسمنت الأليتي الذي يعطي متانة عالية بعمر قليل يضر بهذا البيتون بالمستقبل القريب ويجعله سهل التآكل، ولهذا فإن وجود أكسيد السيليسيوم في الحالة غير المتبلورة ضروري للحد من ضرر الكلس الحر غير المرتبط حيث يشكل معه  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  وهو مركب مقاوم للتآكل بالانحلال.

احسب كمية الكلس الحر  $\text{Ca(OH)}_2$  الناتجة عن إماعة 15kg من الإسمنت البورتلاندي دون إضافات والحاوي على  $\text{C}_3\text{S}$  بنسبة 55% إذا علمت أن إماعة الأليت  $\text{C}_3\text{S}$  تمت بنسبة 61% وماهي نسبة محتوى الكلس الحر إلى كتلة الإسمنت الكلية؟

مسألة 79:

كما ذكرنا سابقاً لرفع مقاومة الحجر الإسمنتي للتآكل يجب إضافة أوكسيد السيليس الفعال ليرتبط بدوره مع الكلس الحر الضار إذا ما بقي حراً.

والمطلوب:

ما هي الكمية الواجب إضافتها من أوكسيد السيليس النشط الحاوي على  $\text{SiO}_2$  بنسبة 71% إلى كمية إسمنت تبلغ 5t ، إذا علمت أن الكلينكر الذي صنع منه الإسمنت يحتوي على  $\text{C}_3\text{S}$  بنسبة 56% وذلك بفرض تأمين ارتباط كامل للكلس الحر الناتج عن إمهة الأليت.

مسألة 80:

باستخدام الجدول رقم (12) احسب بكم مرة يكون انتشار الحرارة أكبر من جراء تصلب الإسمنت سريع التصلب عنه عند تصلب الإسمنت المقاوم للكبريتات لنفس العمر 7 أيام، إذا علمت أن التركيب النترالي لنوعي الإسمنت هو التالي:

نوع الاسمنت	$\text{C}_3\text{S}\%$	$\text{C}_2\text{S}\%$	$\text{C}_3\text{A}\%$	$\text{C}_4\text{AF}\%$
الإسمنت سريع التصلب	57.5	20.4	9.5	12.6
الإسمنت المقاوم للكبريتات	48.5	31	4.4	16.1

### مركبات المونة والبيتون

تعتمد اللزوجة النظامية وزمن بداية ونهاية الأخذ من أهم خواص الإسمنت ويتم اختبار هذه الخواص التي تعبر عن الحالة الحركية الفيزيائية لسلوك الإسمنت البدائي مع الماء بواسطة جهاز فيكا.

وترتبط باللزوجة النظامية شراطة (حاجرة) الإسمنت للماء في مركبات المونة والبيتون. وتشكل اللزوجة النظامية لأنواع الإسمنت البورتلاندي نسبة % (24-29) ماءً من كتلة الإسمنت. وأما الأخذ (الشك) فهو المرحلة الأولى من تصلب الإسمنت والتي تفقد بانتهاء العجينة الإسمنتية خواصها اللدنة وإمكانية أخذها شكل القالب.

وتقسم عملية الأخذ إلى قسمين بدائي ونهائي ويمكن التحكم في بداية أو نهاية الأخذ بالتدخل في التركيب الفلزي والكيميائي للإسمنت أثناء تصنيعه وذلك بحسب شروط الاستخدام والتنفيذ كون بداية الأخذ كما نهايته هي زمن.

ولكن وبكل الأحوال يجب أن لا تبدأ عملية بداية الأخذ قبل 45 دقيقة ولا تنتهي قبل مرور 10 ساعات من لحظة إضافة الماء إلى الإسمنت.

ولكن أهم الخواص التي تميز نوعية الإسمنت هي بلا شك حد اللتانة على الضغط والشد لعينات نظامية محضرة من مونة إسمنتية رملية بعد تصلبها لعمر 28 يوماً. ويستخدم لهذا الغرض رمل كوارتزي طبيعي ذو حبات كروية الشكل بأبعاد (0.5-0.9) mm بحيث لا يقل فيها محتوى  $SiO_2$  عن 98% ولا تزيد نسبة الشوائب الغضارية وغيرها في هذا الرمل عن المقدار 1%.

ويسمى نشاط الإسمنت ذلك الرقم الذي يعبر عن متانة أنصاف المواشير المحضرة من المونة

الإسمنتية النظامية المذكورة أعلاه بعد كسرها بعمر 28 يوماً واستناداً لهذه القيم (الأرقام) يتم تحديد ماركة الإسمنت ويعرف منها ماركة 400; 500; 600.

وتعرف القيمة العددية لماركة الإسمنت بأنها متوسط قيم حد المتانة على الضغط للعينات المختبرة مقدرة بالميجا باسكال مضروباً بعشرة (10 \* MPa).

فمثلاً للإسمنت ماركة 400 يجب أن لا تقل قيمة حد المتانة على الإنعطاف عن 5.5MPa وللإسمنت ماركة 500 يجب أن لا تقل عن 6MPa وماركة 600 لا تقل عن 6.5MPa.

وعن الحصويات المستخدمة في المونة والبيتون ولضرورة اتقان حسن اختيار هذه المواد لابد من الإلمام بشكل جيد بإيجاد الحلول للمشاكل التقنية للحصويات من حيث تدرجها الحبي وأصالتها وتأثيرها بالكيمائيات.

ويمكن أن نطلق تسمية المواد المألثة على الحصويات في البيتون والمونة حيث يتكون البيتون أو المونة من مادة قابضة رابطة هي الإسمنت والماء والملدنات أحياناً بالإضافة إلى الحصويات التي تملأ الجسم البيتوني وتغطيها المادة القابضة الرابطة من كافة الأنحاء، إذا الحصويات هي مواد مألثة ناعمة وخشنة.

المادة المألثة الناعمة في البيتون هي الرمل وهو عبارة عن مزيج طبيعي أو صناعي (صخر مطحون) من الحبيات بأبعاد وتراوح من mm (0.15-5).

ويتم تقييم جودة الرمل من تركيبه الكيميائي الفلزي ومن شكل ونشاط سطوح حباته وأبعادها وكذلك بنسبة احتوائه على الشوائب الغضارية وغيرها.

وتعتبر شوائب الكبريتات وأحماضه العضوية من الشوائب الضارة في الرمل كما الشوائب الضارة الأخرى مثل أوكسيد وهيدروكسيد الحديد وكافة الفلزات الحاقوية على مختلف الأشكال غير المتبلورة من السيليس (الكوارتز) والميكا.

وتوضع الاشتراطات الخاصة لأنواع الرمل بحسب نوع ووظيفة البيتون الذي سيحضر من هذا الرمل.

ويتم حساب الشوائب الزائدة بالغسيل في الرمل بالعلاقة:

$$O_{KL} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100$$

حيث:  $m_1 - m_2$  هي كتلة الرمل المخفف قبل وبعد غسله مقدرة بالغرام gr ويسمح بوجود الشوائب الغضارية بنسبة لا تزيد عن 3% في الرمل الطبيعي (من الأنهار - البحار - مجاري السيول). ولا تزيد عن 4% لرمل المقالع.

ولأنواع الرمل المستخدمة في السدود والمنشآت المائية وقنوات الري وأنابيب الضخ والمنشآت الطرقية هناك اشتراطات خاصة أكثر صراحة.

ويعطي التحليل الميكانيكي للرمل نسبة البحص في الرمل وهي كتلة الحبات المحجوزة على المهزة 5mm وتؤخذ كتلة مقدارها 1kg من الرمل المار من المهزة 5mm ويتم تمريرها بالهز من خلال مجموعة من المهزات النظامية متوضعة من الأعلى للأسفل بأبعاد:

$$0.14; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5 \text{ mm}$$

والمحجوز على كل مهزة والمسمى (المحجوز الجزئي  $a_i$ ) يتحدد بالعلاقة %:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$$

حيث:  $m_i$  وزن المحجوز على المهزة المدروسة gr.

$m$  الوزن الكلي لعينة الرمل.

ويسمى المحجوز الكلي على مهزة ما المجموع الذي يضم المحجوز على المهزة المدروسة والمحجوز على كافة المهزات التي تعلوها والأكبر لقياس الفتحة ويحسب بالعلاقة:

$$A_i = a_{2.5} + a_{1.25} + \dots + a_i$$

حيث:  $a_{2.5} \dots a_{0.14}$  المحاجيز الجزئية على المهزات الأعلى من المهزة المدروسة وصولاً إلى المهزة 2.5 mm.

وأما معامل خشونة (نعومة) الرمل  $M_K$  فيحسب بالعلاقة:

$$M_K = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}}{100}$$

حيث:  $A_{2.5}, A_{1.25}, A_{0.63}, A_{0.14}$  المحاجيز الكلية على المهزات.

ويقسم الرمل بحسب معامل خشونته إلى خمس زمر: خشن جداً  $3 > M_K \geq 3.5$ ، وخشن  $3 > M_K \geq 2.5$ ، ومتوسط  $2 > M_K \geq 1.5$ ، وناعم  $1.5 > M_K \geq 2$ ، وناعم جداً  $1 > M_K \geq 1.5$ .  
البحص: وهو المادة المائلة (الخصويات) الأكبر حجماً من الرمل في البيتون ويعرف منه الرلط.

**الزلط:** وهو الكتل الصخرية بأبعاد معينة والتي تنحط عن التكسر الطبيعي للصخور القاسية وبذاته يتكون من أجزاء ذات سطوح متعرجة بينما ينتج البحص عن طحن الصخور الطبيعية في كسارات وطحن الزلط.

وكذلك تتحدد جودة البحص والزلط (المالي الأخشن) مثل الرمل بحسب أبعاد الحبات والتركيب الحبيبي وشكل السطوح للحبات ونسب الشوائب.

وتعتبر الخواص الجيولوجية للصخور الأم التي يتم الحصول منها على البحص والزلط هامة لأنها تحدد المتانة والثبات ضد الماء وكذلك مقاومة التجمد والذوبان...

ويجب أن تحتتر دوماً المسامية والوزن الحجمي والنوعي ونسبة الفراغات والرطوبة الطبيعية وامتصاص الماء وكذلك الاهتراء.

ويتم حساب المحجوز الكلي والجزئي لكل مهزة من مهزات البحص كما هو في الرمل ولكن أبعاد فتحات المهزات للبحص هي من الأعلى للأسفل:

3, 5, 10, 15, 20, 25, 40, 70

ويقاس اهتراء البحص بالنسبة المئوية بعد تعريض العينة معلومة الوزن مسبقاً لاهتراء داخل أسطوانة فولاذية في المكبس الهيدروليكي أو أسطوانة الاهتراء المجهزة بكرات فولاذية كسحنات آكلة ويقاس الاهتراء % بالعلاقة:

$$D_f = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100$$

حيث:  $D_f$  الفاقد بالاهتراء %.

$m_1$  كتلة عينة البحص قبل التجربة.

$m_2$  كتلة عينة البحص المنقوعة بالماء بعد تعرضها للاهتراء بالتجربة.

#### 1.4 الحصويات

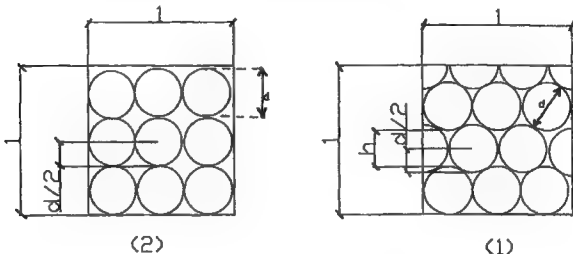
##### مسائل محلولة:

##### المسألة رقم 105:

بين بالأرقام كيف يتحول حجم الفراغات بين كرات لها نفس الشكل والعدد إذا ما

وضعت في وحدة الحجم مرةً بتوزيع شطرنجي الشكل (1-7) ومرة بتوزيع منتظم في صفوف الشكل (2-7).

وعلى هذا الأساس من التحليل بين هل يؤثر توزيع حبات الحصى على وزنها الحجمي، وكيف يتغير مجموع السطوح الخارجية للكرات بتغير أقطارها؟.



الشكل (7)

الحل: إن عدد الكرات التي يمكن أن تتوضع على (حرف) ضلع المكعب الذي يساوي 1 هي:

- في حالة التوضع في صفوف يكون عدد الكرات  $n = \frac{1}{d}$

- وفي حالة التوضع الشطرنجي يكون عدد الكرات  $n_1$ :

$$n_1 = \frac{1}{h} = \frac{1}{\sqrt{d^2 - \frac{d^2}{4}}} = \frac{1}{d \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}} = \frac{2}{d \cdot \sqrt{3}}$$

حيث:  $d$  قطر الكرة.

$h$  المسافة العمودية بين نقطتي التماس بين كرتين في التوزيع الشطرنجي.

ومنه فإن العدد الكلي للكرات في واحدة الحجم يكون:

- في حالة التوضع في صفوف عدد الكرات  $N = n^3 = \frac{1}{d^3}$

- وعدد الكرات الكلي في حالة التوزيع الشطرنجي:  $N_1$

$$N_1 = n * n_1^2 = \frac{1}{d} \left( \frac{2}{d * \sqrt{3}} \right)^2 = \frac{4}{3d^3}$$

وهكذا يتضح أن عدد الكرات في التوزيع الشطرنجي أكبر من عددها في حالة التوزيع في

صفوف بمرة وثلاث المرة:  $\frac{1}{3}$ .

أما حجم جميع الكرات  $V$ :

- ففي حالة التوزيع في صفوف:

$$V = N * \frac{\pi * d^3}{6} = \frac{1}{d^3} * \frac{\pi * d^3}{6} = \frac{\pi}{6} = 0.52$$

- وفي حالة التوزيع الشطرنجي:

$$V_1 = N_1 * \frac{\pi * d^3}{6} = \frac{4}{3 * d^3} * \frac{\pi * d^3}{6} = 0.68$$

وهكذا يتضح أن الحجم الإجمالي للكرات لا يتعلق بقطرها (إذا كان للكرات جميعها

نفس القطر) ولكن يتعلق بطريقة توزيع هذه الكرات في وحدة الحجم.

وبالتالي فإن حجم الفراغات: في حالة التوزيع في صفوف:  $V_p = 0.48$

في حالة التوزيع الشطرنجي:  $V_{p1} = 0.32$

ويتضح أيضاً أن حجم الفراغات لا يتعلق بقطر الكرات ولكن يتعلق فقط بطريقة توزيع

هذه الكرات في وحدة الحجم.

وهذا يعني أن وحدة الحجم عندما تحتوي على حصويات بأبعاد (أقطار) مختلفة فإن

كثافة الحصويات (وزنها الحجمي) سوف تتعلق ليس فقط بكمية الحصويات مختلفة المقاسات

ولكن بطريقة توزيعها بالنسبة لبعضها.

- السطح الكلي للكرات:

- في حالة التوزيع في صفوف:

$$S = N * \pi * d^2 = \frac{1}{d^3} * \pi * d^2 = \frac{\pi}{d}$$

- وفي حالة التوزيع الشطرنجي:



$$S_1 = N_1 * \pi * d^2 = \frac{4}{3 * d^3} * \pi * d^2 = \frac{4\pi}{3d}$$

أي أن السطح النوعي (السطح الإجمالي للكرات) يتناسب عكساً مع قطر الكرات.

#### المسألة رقم 106:

لتحديد الوزن النوعي للبحص الغرانيتي تم أخذ عينة مجففة منه بوزن  $G = 3\text{kg}$  حيث وضعت هذه العينة في وعاء معدني وتم ملء الوعاء بالماء وكان وزنه مع الماء والعينة  $G_1 = 7.8\text{kg}$  وبعد إفراغ الوعاء من محتوياته تم ملؤه من جديد بالماء فقط وكان وزن الوعاء مع الماء  $G_2 = 5.91\text{kg}$ .

والمطلوب:

احسب الوزن النوعي للبحص الغرانيتي إذا علمت أن وزن الوعاء فارغاً  $G_3 = 1\text{kg}$  مع الأخذ بالحسبان أن امتصاص الغرانيت للماء في الأحوال الطبيعية 0.4% وزناً وتحت الضغط 0.8% وحدد دقة حساب الوزن النوعي للبحص بهذه الطريقة، واحسب الوزن الحجمي للبحص.

الحل: وزن الماء المكمل لحجم البحص الغرانيتي حتى أصبح مساوياً لحجم الوعاء:

$$G_1 - G - G_3 = 7.8 - 3 - 1 = 3.8\text{kg}$$

- وزن الماء فقط في الوعاء  $G_2 - G_3 = 5.91 - 1 = 4.91\text{kg}$

- وزن الماء الموافق لحجم البحص الغرانيتي:  $4.91 - 3.8 = 1.11\text{kg}$  أو  $g = 1.11\text{dm}^3$  ومنه الوزن النوعي للبحص الغرانيتي:

$$\gamma_g = \frac{G}{V_g} = \frac{3}{1.11} = 2.7\text{kg/dm}^3$$

وعند امتصاص الغرانيت للماء بنسبة 0.4% فإن كمية الماء الممتص:

$$\frac{3}{100 * 0.4} = 0.012\text{kg}$$

أو  $0.012\text{ dm}^3$  وهذا يساوي تقريباً 1.08% من حجم البحص. وهذا يعني أن الخطأ في حساب الوزن النوعي بهذه الطريقة يشكل 1.08% ويكون الوزن النوعي الدقيق:

$$2.7 \times 1.08 = 2.92$$

- ولحساب الوزن الحجمي فيما إذا ما تم اعتبار أن نسبة الفراغات في الغرانيت تساوي الامتصاص الكامل للماء أي 0.8% عندها يكون الوزن الحجمي :

$$2.7(1 - 0.008) = 2.68 \text{ kg/dm}^3$$

### المسألة رقم 107:

عينة رمل برطوبتها الطبيعية وزنها 1kg وضعت في أنبوب مدرج سعته 1liter ويحتوي على 1/2 liter ماء ونتيجة لوضع العينة فيه ارتفع منسوب الماء لعلامة 0.89liter. فإذا علمت أن الوزن النوعي للرمل  $\gamma_s = 2.60 \text{ kg/L}$  فاحسب رطوبة الرمل بمساعدة هذه التجربة.  
الحل: إن ارتفاع منسوب الماء في الأنبوب المدرج نتيجة وضع عينة الرمل فيه يشكل:

$$\Delta V = 0.89 - 0.5 = 0.39 \text{ L}$$

- وزن الرمل الجاف:  $G_{sd} = G_{sw} - W$

$$\text{ومنه: } G_{sd} = \frac{G_{sw}}{1 + W}$$

$$V_s = \frac{G_{sd}}{\gamma_s} = \frac{G_{sw}}{(1 + W)\gamma_s} \quad \text{- الحجم المطلق للرمل:}$$

حيث:  $G_{sw}$  وزن الرمل الرطب = 1kg

$W$  رطوبة الرمل كنسبة من وزنه جافاً.

- حجم الماء في الرمل الرطب قبل وضعه في الأنبوب مع الماء :

$$V_w = \frac{G_{sw}}{1 + W} * W$$

حيث أن الماء المزاح في الأنبوب قد انزاح بواسطة الرمل بحجمه المطلق وحجم الماء الموجود فيه أصلاً كرطوبة طبيعية أي:

$$V = V_s + V_w = \frac{G_{sw}}{(1+W)\gamma_s} + \frac{G_{sw}}{1+W} * W$$

وبحل هذه المعادلة نسبة إلى W نحصل على:

$$W = \frac{G_{sw} - V * \gamma_s}{\gamma_s (V - G_{sw})} = \frac{V * \gamma_s - G_s * W}{\gamma (G_{sw} - V)} = \frac{0.39 * 2.6 - 1}{2.6(1 - 0.39)} = 0.0638 \Rightarrow 6.38\%$$

أي أن رطوبة الرمل 6.38%.

#### المسألة رقم 108:

من المعلوم أن معامل الخشونة للرمل هو نسبة مجموع المحاجيز الكلية إلى 100 ابتداء من المهزة 2.5mm وحتى المهزة ذات الفتحات 0.14mm حسب المواصفة الروسية ويعبر عن المحاجيز الكلية بالنسبة المئوية % وفق العلاقة:

$$M = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}}{100}$$

حيث:  $A_{2.5} \dots A_{0.14}$  هي المحاجيز الكلية على المهزات %.

والمطلوب: استخراج علاقة حسابية لحساب معامل الخشونة للمحاجيز الجزئية.

الحل: المحجوز الجزئي على المهزات ( $a_i$ ) يحسب بالعلاقة:

$$a_i = \frac{G_i}{G} * 100$$

حيث:  $G_i$  وزن المحجوز على المهزة المدروسة.

$G$  وزن عينة الرمل المختبرة بشكل كامل = 1000gr.

- المحجوز الكلي ( $A_i$ ) على كل مهزة يساوي مجموع المحاجيز الجزئية على المهزة المعنية + المحاجيز الجزئية على كافة المهزات الأعلى من هذه المهزة.

$$\dots \text{الخ} \quad A_{2.5} = a_{2.5}; \quad A_{1.25} = a_{1.25} + a_{2.5}; \quad A_{0.63} = a_{0.63} + a_{1.25} + a_{2.5};$$

فإذا ما تم استبدال قيم المحاجيز الكلية بقيمها بنسبة ما تساويه من المحاجيز الجزئية تصبح

العلاقة المذكورة في نص المسألة باستخدام المحاجيز الجزئية كما يلي:

$$M = \frac{5a_{2.5} + 4a_{1.25} + 3a_{0.63} + 2a_{0.315} + a_{0.14}}{100}$$

حيث: تعني الأرقام 2.5, 1.25, 0.63, ... قياسات فتحات المهزات وهو المطلوب.

#### المسألة رقم 109:

في الجدول (14) معطيات نتائج التحليل الحبيبي لثلاثة أنواع من الرمال كما تعطى قيم الوزن النوعي والوزن الحجمي لهذه الرمال. وبالمقارنة مع المنحني النظامي القياسي المطلوب:

يُبين صفات أنواع الرمل الثلاثة وذلك من حيث التركيب الحبيبي، معامل الخشونة، معامل الخشونة المتوسطة، السطح النوعي، لحبات كل نوع من الرمال ونسبة الفراغات في كل منها.

الجدول (14)

الوزن الحجمي kg/m <sup>3</sup>	الوزن النوعي kg/m <sup>3</sup>	المار من المهزة 0.14mm % وزناً	المحجوز الجزئي % وزناً على المهزات ذات المقاس (mm)						رقم عينة الرمل
			0.14	0.315	0.63	1.25	2.5	5.0	
1630	2630	1.4	12.6	44.0	22.0	14.6	5.4	0	1
1560	2645	5.0	8.0	15.0	42.0	15.5	5.5	9	2
1400	2620	27.2	30.0	33.0	10.0	3.5	2.3	0	3

الحل: من أجل الحكم بشكل صحيح على جودة الرمل من حيث تركيبه الحبيبي يجب رسم منحني التدرج الحبيبي في جملة إحداثيات تمثل فيها المحاور قياس فتحات المهزات والمهاجيز الكلية،

ثم يتم بعدها مطابقة هذا المنحني مع المنحني القياسي النظامي للرمل. ويمكن أن يكون هناك أكثر من منحني نظامي وذلك حسب الاستخدام ولهذا يتم تنظيم جدول لقيم المهاجيز الكلية كنسب مئوية وزناً كما في الجدول (15) وهذه القيم مأخوذة من المنحني

بعد أن تم جميع المحاجيز الجزئية المعطاة في شروط الحالة ولكل ميزة.

الجدول (15)

المحاجيز الكلية (%) وزناً على المهزات ذات الفتحات mm						رقم عينة الرمل
0.14	0.315	0.63	1.25	2.5	5.0	
98.6	86	42	20	5.4	0	1
95	87	72	30	14.5	9	2
78.8	48.8	15.8	5.8	2.3	0	3

ويتم تنفيذ الطلب الأول من المسألة أي حساب معامل الخشونة M بتقسيم مجموع المحاجيز الكلية (%) للرمل على 100:

$$M = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}}{100}$$

حيث:  $A_{2.5}$ ,  $A_{1.25}$  ... الخ هي قيم المحاجيز الكلية % من الوزن الكلي للعينة على كل مهزة.

وهكذا للرمل رقم 1 فإن معامل الخشونة  $M_1 = 2.52$

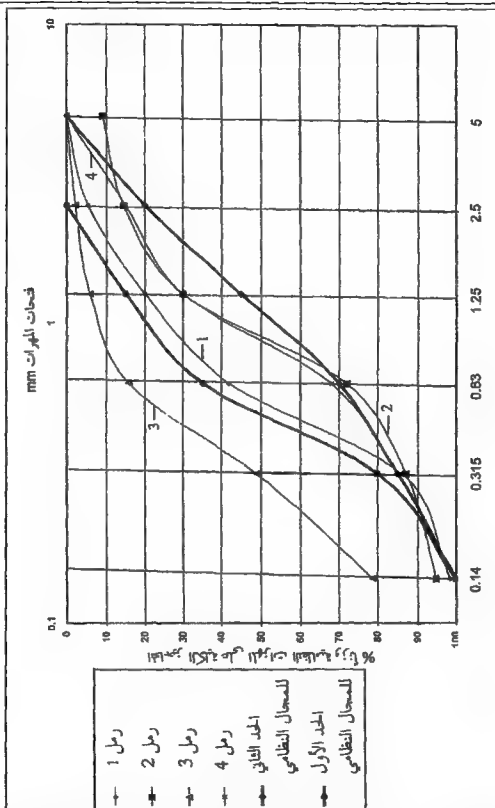
وللرمل رقم 2 فإن معامل الخشونة  $M_2 = 3.07$

وللرمل رقم 3 فإن معامل الخشونة  $M_3 = 1.4$

وللمقارنة يتم اسقاط منحنيات الرمال الثلاثة على منحني الرمل القياسي وهو في هذا المثال مدرج على الشكل (8).

ويبين الشكل (8) أن الرمل رقم 1 يحقق المتطلبات النظامية من حيث توضع داخل المنطقة (الجال) المظلل.

ويخرج الرمل رقم 2 خارج الجال في الأعلى كونه يحتوي على حبات  $< 5mm$ . ولذلك فهذا الرمل يحتاج لتحليل آخر لاستبعاد هذه الحبات، أي تصغير أبعاد الحبات  $< 5mm$  في المطحنة أي في المقلع لأنه رمل خشن.



الشكل (8): منحنيات التدرج الحبيبي للرمال الثلاثة وتوضعها بالنسبة للمجال النظامي للرمال القياسي

كما يوضح الشكل أن الرمل رقم 3 يخرج خارج المجال وإلى اليسار لكونه ناعماً.  
ونلجأ إلى الجدول رقم (16) لتوضيح طبيعة الرمال الثلاثة من حيث الخشونة والنعومة:

الجدول (16): طبيعة الرمال من حيث الخشونة والنعومة

تصنيف الرمل	معامل الخشونة M	الحجوز الكلي على المهزة ذات الفتحة 0.63mm (%)
خشن	3.5---2.4	75---50
متوسط	2.5---1.9	50---35
ناعم	2---1.5	35---20

وهكذا فإن الرمل رقم 1 متوسط، والرمل رقم 2 خشن، والرمل رقم 3 ناعم.  
وعن السطح النوعي لحبات الرمل فتحسب بمساعدة طريقة تمرير الهواء بين حبات الرمل  
ولكن للتبسيط هناك علاقة لادينسكي التقريبية لحساب السطح النوعي: (المراجع 5)

$$S = \frac{6.35}{1000} K (0.5a_5 + a_{2.5} + 2a_{1.25} + 4a_{0.63} + 8a_{0.315} + 16a_{0.14} + 32a_n)$$

حيث: K معامل تصحيح يساوي:  $K = 2$  للرمال من بقايا مقالع.

$K = 1.65$  للرمال النهرية والبحرية المتوسطة الخشونة.

$K = 1.3$  للرمال البحرية والنهرية الناعمة.

$a_n$  المار من المهزة 0.14mm كنسبة مئوية /% من الوزن الكلي وهذا فإن السطح

النوعي للرمل 1:

$$S_1 = 7.58 \text{ m}^2/\text{kg} = 75.8 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

$$S_2 = 7.64 \text{ m}^2/\text{kg} = 76.4 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

$$S_3 = 13.75 \text{ m}^2/\text{kg} = 137.5 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

وتوضح هذه النتيجة أن وجود حبات الرمل الناعمة بكمية كبيرة في الرمل رقم 3 يجعل  
الرمل ذا سطح نوعي أكبر.

وأخيراً حساب نسبة الفراغات:

$$V_{PS} = \frac{\gamma_s - \gamma_{os}}{\gamma_s} * 100\%$$

ويتضح للرمل رقم 1  $V_{PS1} = 38\%$

وللرمل رقم 2  $V_{PS2} = 41\%$

وللرمل رقم 3  $V_{PS3} = 46\%$

وهنا يجدر التنويه بأن نسبة الفراغات في الرمل الجيد يجب أن لا تتجاوز 38%.

### المسألة رقم 110:

بنتائج التحليل الجبسي لنوعين من الرمال تم رسم المنحنيات على الشكل (9). حلل هذه المنحنيات وحدد بالحساب بأية نسبة وزنية يجب مزج الرمل رقم 1 مع الرمل رقم 2 للحصول على الرمل رقم 3 الذي يتطابق مع المواصفات المطلوبة في المجال النظامي المعطى على الشكل (9).

الحل: من الشكل رقم (9) يتضح أن الرمل رقم 1 والرمل رقم 2 لا يطابقان المواصفات وهذا يمكن ملاحظته لخروج المنحني للرمل 1 وللرمل 2 خارج المجال النظامي المظلل للرمل المطلوب.

- وعلى أساس المحاجيز ومن الرسم يمكن تنظيم جدول للمحاجيز الكلية للرمل 1 والرمل 2 وهو الجدول رقم (17).

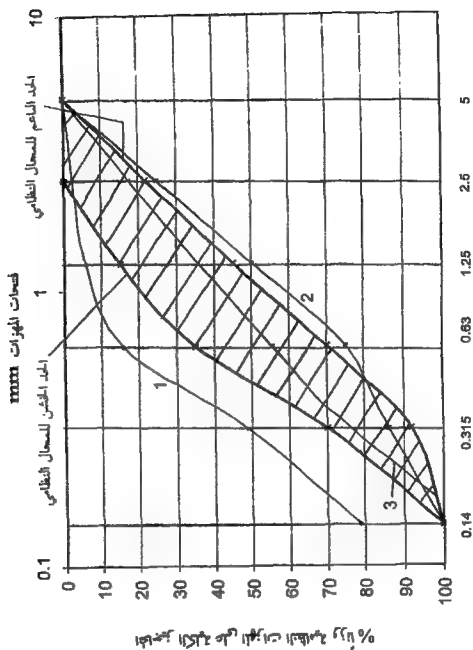
ويعتمد تنظيم الجدول ما يلي:

- إن منحني أي رمل يحقق المواصفة المطلوبة يجب أن يقع داخل المجال النظامي (المظلل ولا يخرج منه كما هو الرمل رقم 1) على الشكل (8) وفي هذه المسألة وحيث أن الرمل الجديد الحاصل من مزج الرمل 1 مع الرمل 2 يجب أن يتميز بمحاجيز كلية لا تزيد عن قيم حدود المجال النظامي من الأسفل الشكل (8) وهذا الشرط يمكن أن يحقق باستخدام المعادلة:

$$A_1 * X + A_2 * (1 - X) = A_3$$

حيث:  $A_1, A_2, A_3$  المحاجيز الكلية على نفس المهزة للرمال رقم 1 ورقم 2 ورقم 3 على التوالي.





الشكل (9): منحنيات نوعي الرمل الناعم والخشن وتوضعي بالنسبة للمجال النظامي (الجزء المظلل)

ويبين الشكل توزيع الرمل رقم 3 وهو الرمل المزيج أي المقبول

X و (1-X) - نسبة الرمل رقم 1 ونسبة الرمل رقم 2 في الرمل رقم 3 ومنه:

$$X = \frac{A_3 - A_2}{A_1 - A_2}$$

وللمهزة 0.63 مثلاً:

$$\Rightarrow X = \frac{35 - 15.8}{75 - 15.8} = 0.326 \text{ وهي نسبة الرمل رقم 1 في الرمل المزيج}$$

$$1 - X = 0.674 \text{ وهي نسبة الرمل رقم (2) في الرمل المزيج}$$

الجدول (17)

الحاجيز الكلية (%) على المهزات ذات الفتحة mm					التسمية	تسلسل
0.14	0.315	0.63	1.25	2.5		
78.8	48.8	15.8	5.8	2.3	الرمل رقم 1	1
100	86	75	50	25	الرمل رقم 2	2
25.7	15.95	5.15	1.89	0.75	الحاجيز الكلية للرمل رقم 1 مضروبة برقم 0.326	3
67.4	58.1	50.6	33.8	16.75	الحاجيز الكلية للرمل رقم 2 مضروبة بالرقم 0.674	4
93.1	74.05	55.65	35.69	17.5	الحاجيز الكلية للرمل رقم 3 والتسي تم الحصول عليها بجمع البند رقم (3) مع البند رقم (4) أي مجموع الحاجيز الكلية بعد التصحيح	5

إذاً يتم ضرب كافة الحاجيز الكلية للرمل 1 بقيمة X التي تساوي 0.326 والحاجيز الكلية للرمل 2 بـ (1-X) أي ضربها ب 0.674 وبجمع الناتج من عمليتي الضرب يتم الحصول على الحاجيز الكلية للرمل 3.

مثلاً المهزة 0.63 المحجوز الكلي عليها يساوي:

$$15.8 \times 0.326 + 75 \times 0.674 = 55.65\%$$

وهكذا يجب إجراء الحساب بالضرب لجميع الميزات (الجدول رقم 17) للحصول على البنود (3, 4, 5) ليتم بعدها رسم المنحني الذي يمثل التركيب الحبيبي للرمل 3 (انظر الشكل 9) حيث يظهر المنحني الذي يمثل الرمل 3 والذي لا يخرج خارج المجال النظامي وهكذا:

يجب مزج نوعي الرمل بنسبة 32.6 % من الرمل 1 و 67.4 % من الرمل 2.

#### المسألة رقم 111:

أظهرت نتائج التحليل الحبيبي للرمل رقم (2) كما هو موضح على الشكل (8) في المسألة (109) السابقة أن هذا الرمل يحتوي على حبات أكبر من 5mm ولتحسين التركيب الحبيبي لهذا الرمل تم استبعاد هذه الأبعاد. احسب المحاجيز الجزئية والكلية للرمل المفروز وارسم المنحني البياني للتركيب الحبيبي لهذا الرمل.

الحل: بعد أن يتم استبعاد 9% وهي نسبة الحبات التي تزيد عن 5mm يصبح مجموع أوزان الحبات المتبقية مساويا:

$$91\% = 100 - 9 \quad (\text{مع الأخذ بالحسبان المار من المهزة } 0.14)$$

وللحصول على المحاجيز الجزئية للرمل الجديد يجب ضرب المحاجيز الجزئية للرمل رقم (2) بقيمة  $100/91 = 1.099$  (انظر الجدول رقم 18)

الجدول (18)

المار من المهزة 0.14mm	الميزات ذات الفتحة (mm)					التسمية
	0.14	0.315	0.63	1.25	2.5	
5.48	8.78	16.58	41.62	17.02	6.04	المحاجيز الجزئية للرمل الجديد رقم 4 (%)
—	94.52	85.74	69.26	23.06	6.04	المحاجيز الكلية (%)

وبالمقارنة يتبين أن التركيب الحبيبي للرمل رقم (4) الجديد الناتج عن تصحيح الرمل رقم

(2) مقبول ويحقق المواصفات انظر الشكل (8).

### المسألة رقم 112:

إذا علمت أن التركيب الحبيبي لنوعين من البحص مدرج في الجدول (19)، المطلوب:  
إجراء التقييم الهندسي اللازم للتركيب الحبيبي لنوعي البحص (ويطلق اسم البحص على المزيج من عدة أبعاد لحبات البحص)

الجدول (19)

رقم مزيج البحص	المحاجيز الجزئية (%) على المهزات ذات الفتحات بأبعاد (mm)			
	40	20	10	5
1	5	45	45	5
2	0	4	92	4

الحل: لإجراء التقييم الصحيح من الأفضل أولاً رسم منحني التدرج الحبيبي للنوع الأول من البحص ومنحني التدرج الحبيبي للنوع الثاني من البحص في جملة إحداثيات محورهما الأول مقاس فتحات المهزات D والمحور الثاني قيم المحاجيز الكلية. وبعد الحصول على هذين المنحنيين يجب تطبيقهما بالإسقاط على المجال النظامي المأخوذ من المواصفة (انظر الشكل 10)، ولذلك يجب تنظيم جدول المحاجيز الكلية وفق الجدول (20) وهي طبقاً نتيجة لجمع المحاجيز الجزئية على كل مهزة.

الجدول (20): المحاجيز الكلية لنوعي البحص

تسلسل	المحاجيز الكلية (%) على المهزات ذات الفتحات بقياس (mm)			
	40	20	10	5
البحص رقم 1	5	50	95	100
البحص رقم 2	0	4	96	100

إن  $D_{max}$  توافق مقاس فتحات المهزات التي تحجز محاجيز كلية عليها ولا تزيد قيمة هذا المحجوز عن 5%:

وهي للبحص رقم 1:  $D_{max} = 40 \text{ mm}$

وهي للبحص رقم 2:  $D_{min} = 20 \text{ mm}$

و  $D_{min}$  توافق مقاس فتحات المهزة التي يمر منها 5% على الأكثر من وزن عينة البحص، وهذه المهزة هي لنوعي البحص  $D_{min} = 5 \text{ mm}$  أي المهزة التي لا يقل المحجوز عليها عن 95%.

وينتج  $0.5 (D_{max} + D_{min})$

هذه القيمة للبحص الأول رقم 1 تساوي 20mm

وللبحص الثاني رقم 2 تساوي 10mm

ويمكن الآن رسم المنحني وتطبيقه على المجال انظر الشكل (10). حيث يتبين وبالمقارنة مع المجال النظامي للبحص النظامي أن البحص رقم (1) مطابق ويقع ضمن المجال النظامي وهو مقبول، وأما البحص رقم (2) فإنه يحتوي على الكثير من الحصى ذات الأبعاد المتوسطة كما هو واضح وهو يقع خارج المجال النظامي وهو مرفوض.

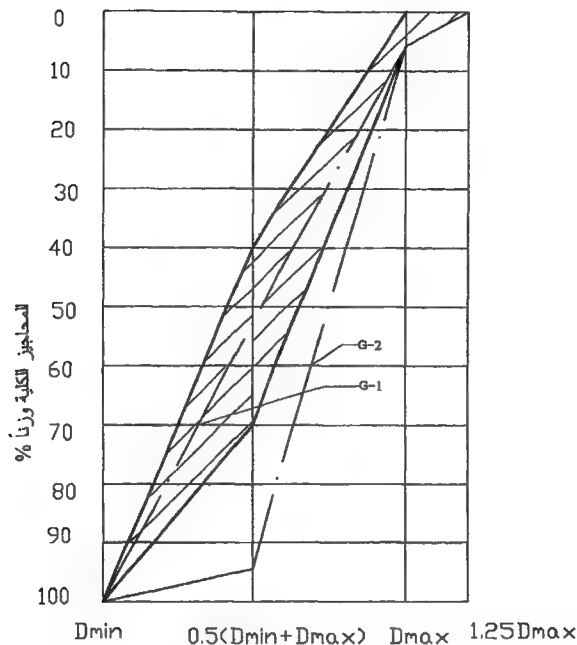
#### المسألة رقم 113:

إذا علمت أن المواصفات الخاصة بحصويات البيتون مجتمعة (بحص + رمل) تمثل مجاًلاً نظامياً مظللاً كما ورد في المسائل السابقة، وبعد العودة إلى المواصفة السورية أو الروسية أو غيرها فإن المطلوب:

هل يطابق الخليط المحضر من رمل وبحص بنسبة 1 رمل إلى 2 بحص للمواصفات من حيث التركيب الحبيبي إذا علمت أن المحاجيز الجزئية للرمل والبحص مدرجة في الجدول (21):

الجدول (21)

المار من المهزة 0.14 mm وكتسبة مئوية%	المحاجيز الجزئية (%) على المهزات ذات الفتحات بقطر (mm)									نوع الحصويات
	0.14	0.315	0.63	1.25	2.5	5	10	20	40	
5	8	15	42	15.5	5.5	9	—	—	—	رمل
—	—	—	—	—	—	6	21	69	4	بحص



الشكل (10): منحنيات التدرج الحبيبي لنوعي البحص وعلاقتها بالمجال النظامي للبحص

الحل: يجب أولاً حساب المحاجيز الكلية للرمل والبحص كل على حدة قبل القيام

بمخلطهما وتنظيم جدول بقيم هذه المحاجيز كما في الجدول (22):

الجدول (22): المحاجيز الكلية للرمل والبحص كل على حدة

نوع الخصويات	المحاجيز الكلية (%) على المهزات ذات الفتحة (mm)								
	0.14	0.315	0.63	1.25	2.5	5	10	20	40
رمل	95	87	72	30	14.5	9	—	—	—
بحص	—	—	—	—	—	100	94	73	4

وكما هو واضح فإن الرمل يحتوي على حبات بأبعاد أكبر من 5mm بنسبة 9% ولهذا فإن نسبة الحبات بنفس الأبعاد (5 - 10) mm في البحص سترتفع بقيمة:  
 $4.5 = 0.5 * 9$  حيث تم الضرب ب 0.5 للحفاظ على نسبة 1 رمل إلى 2 بحص  
وهذا بدوره سيتسبب بتغيير النسب المثوية لكافة المحاجيز الجزئية للبحص. وعلى سبيل المثال للمهزة ذات الفتحة 5 mm يكون:

$$\frac{4.5 + 6}{104.5} * 100 = 10.05\%$$

حيث: 6 المحجوز الجزئي للبحص على المهزة 5 mm  
104.5 مجموع المحجوز الكلي على نفس المهزة بعد التعديل بإضافة 4.5%.  
وبالطبع ولبقية المهزات يجب أن تنقص المحاجيز الجزئية بقيمة:

$$\frac{104.5}{100} = 1.045 \text{ مرة}$$

وهكذا يتم إدراج المحاجيز الجزئية والكلية للبحص بعد خلطه بجزء الرمل ذي الحبات الأكبر من 5 mm وتنظيم الجدول (23) لذلك.

الجدول (23)

التسميات	المحاجيز (وزن %) على المهزات ذات الفتحات (mm)			
	5	10	20	40
المحاجيز الجزئية	10.05	20.12	66	3.83
المحاجيز الكلية	100	89.85	69.83	3.83

فإذا تم رسم منحني بياني وفق معطيات الجدول (23) تبين أن هذا المنحني

للبحص المدروس يقع ضمن المجال المظلل أي أنه مقبول بالمقارنة مع المجال النظامي للبحص.

### المسألة رقم 114:

تم إحضار نوعين من الرمل إلى معمل البتون المسبق الصب: الأول رقم (1) هجري ذو حبيبات ناعمة والثاني رقم (2) من المقالع الجبلية ذو حبيبات خشنة، وكما هو مبين على الشكل (11) فإن نوعي الرمل المذكورين لا يتحققان شروط الرمل النظامي لصنع الأنابيب البيتونية للضغط العالي (انظر المجال النظامي على الشكل 11). فإذا كان الوزن النوعي للرمل رقم 1:  $\gamma_1 = 2.62 \text{ gr/cm}^3$  والوزن الحجمي له  $\gamma_{o1} = 1550 \text{ kg/m}^3$  وللرمل رقم 2: الوزن النوعي  $\gamma_2 = 2.65 \text{ gr/cm}^3$  والوزن الحجمي له  $\gamma_{o2} = 1450 \text{ kg/m}^3$

وقد بينت تجربة تحديد كمية الماء اللازمة لنوعي الرمل لتحضير مزيج من عجينة إسمنتية ذات لزوجة نظامية محددة بالعلاقة المائية الإسمنتية  $W/C = 0.245$  أنه لطبوط المخروط لنوعي الرمل المساوي 170mm كانت العلاقة المائية الإسمنتية للمونة المخضرة من الرمل رقم 1 بتركيب 1:2 أي وزن واحد إسمنت لوزنين رمل تساوي  $W/C = 0.48$  وللرمل رقم 2  $W/C = 0.36$ .

والمطلوب:

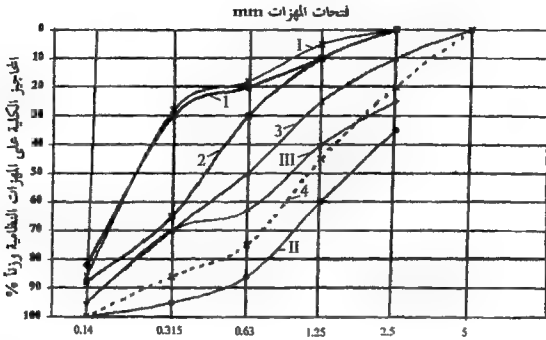
- احسب معامل الخشونة واحسب السطح النوعي.
- احسب كمية الماء اللازمة وكذلك نسبة الفراغات في نوعي الرمل المدرسين.
- بين بأي نسبة يجب مزج الرمل الأول رقم (1) مع الرمل الثاني رقم (2) للحصول على رمل مزيج رقم (3) يحقق شروط الرمل النظامي الخاص بتصنيع الأنابيب البيتونية المسلحة بضغط داخلي عالٍ.

الحل: يتم حساب معامل الخشونة (النعومة) بتقسيم مجموع المحاجيز الكلية على المهزات على 100 ولذلك وبالعودة للشكل (11) تتم قراءات المحاجيز الكلية على المهزات ذات الفتحات بمقياس mm : 0.14 ; 0.315 ; 0.63 ; 1.25 ; 2.5 وهذا يعني:

$$M_{K1} = \frac{0+5+17+28+85}{100} = 1.35 : 1 \text{ للرمل رقم 1}$$



$$M_{K2} = \frac{32 + 60 + 85 + 95 + 100}{100} = 3.7 : 2 \text{ للرمل رقم}$$



الشكل (11): المجالات النظامية والتراكيب الحبية لأنواع الرمال الخاصة بالمسألة

ونلاحظ في الشكل (11):

- 1- الحدود الدنيا المسموحة لنعومة الرمل (معامل النعومة 1.5).
- 2- الحدود الدنيا التي ينصح بها لنعومة الرمل (معامل النعومة 2) وذلك لأنواع البتون المطلوبة في هذه المسألة.
- 3- الحدود التي ينصح بها للرمل المستخدم في البتون الخاص بهذه المسألة معامل النعومة (2.5).

4- الحدود العظمى المسموحة لخشونة الرمل لمعامل الخشونة (3.25)

I- الرمل رقم 1 - II الرمل رقم 2 - III الرمل رقم 3.

- وحساب السطح النوعي يمكن الاستعانة بالعلاقة التقريبية:

$$S = \frac{6.35 \cdot K}{1000} (0.5a + b + 2c + 4g + 8d + 16e + 36G) \quad (\text{المراجع 7})$$

حيث K معامل تصحيح يتعلق بنوع الرمل من حيث المنشأ وهو يساوي:

$K = 2$  للرمل من المقالع الجبلية

$K = 1.65$  لأنواع الرمال من منشأ نهرى أو بحري، متوسطة الخشونة

$K = 1.3$  لأنواع الرمال من منشأ نهرى وبحري، ناعمة.

أما  $e, d, g, c, b, a$  فهي المحاجيز الجزئية على المهزات ذات مقاس الفتحات على التوالي:

0.14, 0.31, 0.63, 1.25, 2.5, 5.0

أما G فهو المار من المهزة 0.14mm

ويمكن حساب المحاجيز الجزئية ببساطة بطرح المحاجيز الكلية من بعضها للمهزات من

الأعلى إلى الأسفل.

– وهكذا فإن S للرمل رقم 1:

$$S = \frac{6.35 * 1.3}{1000} (0.5 * 0 + 0 + 2.5 + 4 * 12 + 8 * 11 + 16 * 57 + 36 * 15) = 13.1 \text{ m}^2 / \text{kg}$$

وللرمل رقم 2 :

$$S = \frac{6.35 * 2}{1000} (0.5 * 5 + 27 + 2 * 28 + 4 * 25 + 8 * 10 + 16 * 5) = 4.39 \text{ m}^2 / \text{kg}$$

– وأما تحديد كمية الماء اللازمة للرمل فيمكن حسابها من العلاقة:

$$W_s = \frac{(W/C)_m - (W/C)_A}{2} * 100$$

حيث أن  $(W/C)_m$  هي العلاقة المائية الإسمنتية للمونة المحضرة من الرمل 1 وتساوي 0.48

$(W/C)_A$  هي العلاقة المائية الإسمنتية للعجينة الإسمنتية وتساوي 0.245

وبالتعويض للرمل رقم 1:

$$W_{s1} = \frac{0.48 - 0.245}{2} * 100 = 11.75\%$$

وللرمل رقم 2:

$$W_{s2} = \frac{0.36 - 0.245}{2} * 100 = 5.75\%$$

– نسبة الفراغات في الرمل تحسب للرمل رقم 1 من العلاقة:

$$P_1 = \left( \frac{\gamma_1 - \gamma_{01}}{\gamma_1} \right) * 100 = \frac{2.62 - 1.55}{2.62} * 100 = 40.8\%$$

وللرمل رقم 2 أيضاً بطرح الوزن الحجمي من الوزن النوعي والتقسيم على الوزن الحجمي والضرب بـ 100 :

$$P_2 = \left( \frac{\gamma_2 - \gamma_{02}}{\gamma_2} \right) * 100 = \frac{2.65 - 1.45}{2.65} * 100 = 45.2\%$$

- ولحساب الطلب الأخير:

من أجل الحصول على الرمل المزيج رقم 3 ذي المحجوز الكلي  $A_3$  المتغير على كل مهزة من مزج الرمل رقم 1 ذي المحاجيز الكلية  $A_1$  مع الرمل رقم 2 ذي المحاجيز الكلية على المهزات  $A_2$  لذلك يجب تحقيق الشرط التالي:

$$100A_3 = A_1 * X + A_2 * (100 - X)$$

حيث:  $X$  نسبة الرمل رقم 1 في الرمل للمزيج رقم 3.

$(100 - X)$  نسبة الرمل رقم 2 في الرمل للمزيج رقم 3.

فمثلاً من أجل حساب قيمة  $X$  على المهزة ذات الفتحة 0.63 mm لمحجوز كلي  $A_3 = 60\%$  يجب أخذ:

$$X = \frac{85 - 60}{85 - 17} * 100 = 36\%$$

وبتحقيق هذا الشرط يمكن إيجاد التركيب الحبيبي للرمل للمزيج رقم 3 عند قيمة

$$X = 36\% \text{ وقيمة } 100 - X = 64\% \text{ انظر الجدول رقم (24):}$$

وهكذا يمكن إذا الحصول على رمل رقم 3 مقبول من حيث تركيبه الحبيبي ويقع ضمن المجال النظامي الذي ينصح به للرمل المستخدم في صنع أنابيب البتون المسلح ذي الضغط الداخلي العالي من نوعين مرفوضين من الرمل انظر الشكل (11).

**المسألة رقم 115:**

في مجل مركزي تم استلام كمية من اللدن (وهي مادة من منشأ عضوي طبيعي أو

كيميائي) تستخدم لتخفيض نسبة الماء في البيتون وبالتالي لتحسين الخواص الفيزيوميكانيكية للبيتون)، ويسمى هذا الملدن (الليغنوسولفونات التقني) وهذه المادة ذات وزن نوعي  $\gamma_p = 1.266 \text{ gr/cm}^3$ . مصروف الإسمنت من أجل  $1 \text{ m}^3$  من البيتون  $C = 350 \text{ kg}$  والماء  $W = 157 \text{ L}$ .

الجدول (24)

رقم المهزة	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14	MK
الحاجيز الكلية % أي $A_3$ عند $X = 36\%$	20.48	40.2	60.52	70.88	94.6	2.87
الحاجيز الكلية النظامية التي ينصح بها للرمل المستخدم لأنابيب البيتون المسلح ذي الضغط العالي الداخلي	10-20	25-45	50-70	70-90	95-100	2.5-3.25

نسبة إضافة الملدن المثلى والتي تم حسابها بإجراء العديد من التجارب هي  $S = 0.25\%$  من وزن الإسمنت كمادة جافة والمطلوب:

- احسب كمية الملدن اللازمة لتحضير  $V_{sw} = 1000 \text{ L}$  محلول مائي يحتوي على الملدن.
- احسب مصروف الملدن من أجل  $1 \text{ m}^3$  من البيتون عندما يكون المحلول المائي الملدن بتركيز تنفيذي عادي، وعندما يكون المحلول المائي الملدن بتركيز  $10\%$ .

الحل: من المعلوم أن المحلول المائي الملدن (الحاوي على الملدن) يتم ضخه في المجبل البيتوني الدوار أو الجيالة الدوارة المحمولة على سيارة بشكل محلول ذائب تكون كمية الماء اللازمة محسوبة بدقة بوجود الملدن.

- وهكذا يتم حساب حجم الملدن  $V_s$  بالحالة السائلة، هذا الحجم اللازم لتحضير الحجم المطلوب من المحلول المائي للملدن بالعلاقة:

$$V_s = \frac{V_{sw} * C * S}{100 * W * d}$$

حيث:  $d$  نسبة المادة الجافة في  $1 \text{ L}$  من الملدن أي تركيز الملدن وحده.

ومن المعلوم أن تركيز محلول الملدن يمكن إيجاده في الجداول والنورمات الخاصة بالملدنات كاتالوج الصانع) ويتعلق ذلك بكثافة المحلول المعطاة ووزنه النوعي.  
ولهذا النوع (الغنوسولفانات التقني) التركيز % يمكن أن يحسب بالعلاقة التجريبية التالية:

$$d = \frac{237(\gamma_s - 1)}{\gamma_s}$$

وبما أن الوزن النوعي للملدن في هذه المسألة  $\gamma_s = 1.266 \text{ gr/cm}^3$  وهنا  $d \approx 50\%$  أو  $d = 0.633 \text{ kg/L}$  وبالتعويض يكون:

$$V_s = \frac{1000 \cdot 350 \cdot 0.25}{100 \cdot 157 \cdot 0.633} = 8.8 \text{ L}$$

والكمية وزناً  $m_s$ :

$$m_s = V_s \cdot \gamma_s = 8.8 \cdot 1.266 = 11.15 \text{ kg}$$

وهكذا تكون كثافة المحلول المائي للملدن:

$$\gamma_{ws} = \frac{m_s + W_s}{V_{sw}} = \frac{11.15 + 991.2}{1000} = 1.002 \text{ g/cm}^3$$

حيث:  $W_s$  هي كمية الماء في المحلول المائي للملدن بالليتر أو بالكغ بعد حذف 8.8 L وهي حجم الملدن في المحلول.

- مصروف المحلول المائي للملدن من أجل  $1 \text{ m}^3$  من البيتون حجماً:

$$V_{sw} = \frac{100 \cdot W + C \cdot S}{100 \cdot \gamma_{ws}} = \frac{100 \cdot 157 + 350 \cdot 0.25}{100 \cdot 1.002} = 157.56 \text{ L}$$

- ويكون ذلك وزناً:  $m_{sw} = 157.56 \cdot 1.002 = 157.87 \text{ kg}$

- عند استخدام محلول الملدن بتركيزه العالي يتم إضافة الكمية المحسوبة منه أصولاً إلى كمية الماء اللازمة بعد تجفيفها بنفس حجم المحلول الملدن المضاف أو يتم خلط وإذابة الملدن بمكونيه الصلب والسائل قبل تحضير ما يسمى بالمحلول المائي التنفيذي للملدن للاستخدامات العادية.

- إن كثافة محلول الملدن بتركيز 10% يساوي:

$$\gamma_{s(10)} = \frac{237}{237-10} = 1.044 \text{ gr/cm}^3$$

أي  $d_1 = 0.104 \text{ kg/L}$  وقد أخذ الرقم 237 من العلاقة التحريية التي تم معرجها بحساب تركيز محلول الملدن.

- إن مصروف الملدن بمحلوله ذي التركيز 50% وزناً:

$$m'_s = 164.2 * 1.266 = 207.9 \text{ kg}$$

- ومنه مصروف محلول الملدن بتركيز 10% من أجل  $1 \text{ m}^3$  بيتون:

$$V_s = \frac{C * S}{K * \gamma'_{s(10)}} = \frac{350 * 0.25}{10 * 1.044} = 8.38 \text{ L}$$

حيث: K تركيز المحلول المحضر %.

- إن كمية الماء اللازمة لتحضير المحلول المائي للملدن وذلك من أجل  $1 \text{ m}^3$  من الخلطة البيتونية:

$$W_1 = W - V_s * \gamma'_{s(10)} \left(1 - \frac{K}{100}\right) = 157 - 8.38 * 1.044 \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 149 \text{ L}$$

وكما هو واضح فإنها تقل عن 157 ليتراً بمقدار 8 لترات.

### المسألة رقم 116:

احسب التركيب التقديري للبيتون المستخدم في إنشاء سد جانبي على نهر حيث سيستخدم هذا البيتون في الجزء العلوي من السد (الجزء غير المغمور بالماء)، البيتون بماركة 200 على أن يكون هبوط المخروط لخلطة هذا البيتون 4-5 cm. إذا علمت أن المواد المستخدمة: إسمنت بورتلاندي ماركة  $f_c = 45 \text{ MPa}$  - الرمل ناعم وكمية الماء اللازمة له  $W_s = 9\%$  (رطوبة التوازن الطبيعي) ووزنه النوعي  $\gamma_s = 2.65 \text{ gr/cm}^3$  - البحص ثقيل من نوع عالي الجودة بأبعاد عظمى 70 mm ذو وزن نوعي  $\gamma_G = 2.6 \text{ gr/cm}^3$  ووزن حجمي ردمي  $\gamma_{OG} = 1450 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: لتحديد تركيب البيتون بشكل تقديري يتم استخدام علاقات متانة البيتون المعروفة

ويتم البدء بحساب النسبة المئوية الإسمنتية من العلاقة:

$$f_b = A * f_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

حيث:  $f_c$  ماركة الإسمنت أو حد المتانة على الضغط لعينات المونة الإسمنتية النظامية بالعمر النظامي.

$f_b$  مقاومة البيتون أي حد المتانة على الضغط لعينات بيتونية نظامية بعمر نظامي.

A معامل جودة الحصىات وظروف التنفيذ وغيرها ويساوي 0.55.

$$\frac{W}{C} = \frac{A * f_c}{f_b + 0.5A * f_c} = \frac{0.55 * 45}{20 + 0.5 * 0.55 * 45} = \frac{24.75}{32.37} = 0.76$$

ولكن من المعلوم أن أكبر قيمة مسموحة للعلاقة W/C والتي تؤمن مجموعة الاشتراطات والخواص المطلوبة للبيتون فوق الماء في هذه المنشآت يجب أن لا تزيد عن 0.65.

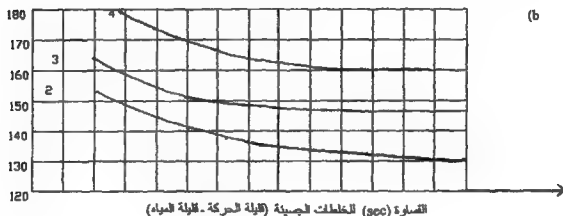
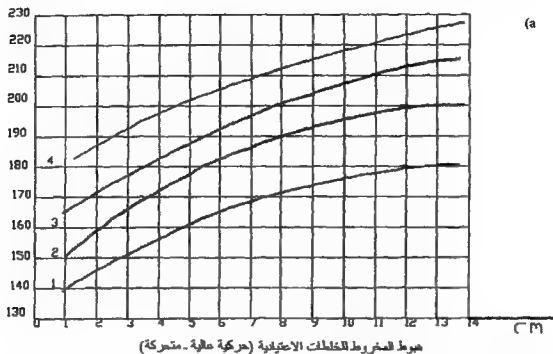
ومن أجل الاقتصاد في الإسمنت ولتخفيض W/C أيضاً يمكن استخدام الإجراء الهندسي المتطور بإضافة مائي طبيعي وكمثال في هذه المسألة خبث الأفران X (أفران صناعة الحديد والصلب) وهذه المادة ذات وزن نوعي  $\gamma_x = 2.1 \text{ gr/cm}^3$ .

ويتم حساب مصروف الماء من منحنيات الشكل (12) وإجراء تعديل بعد الأخذ بعين الاعتبار كمية الماء اللازمة للرمل واستخدام البحص أي بدلالة أبعاد البحص فإن مصروف الماء من الجدول 155 L ولنعمومة الرمل وتطلبه للماء بنسبة 9% (2\*5 L)، وللبحص بدلاً من الزلط 10L يصبح:

$$W = 155 + 5 * 2 + 10 = 175 \text{ L/m}^3$$

ويكون مصروف الإسمنت من شروط المتانة (المقاومة النظامية للبيتون):

$$C = \frac{W}{W/C} = \frac{175}{0.76} = 230 \text{ kg/m}^3$$



I	4	9	13	18	22	27	31
II	13	27	40	64	67	80	93
III	20	40	60	80	100	120	140

الشكل (12)

الشكل (12): منحنيات كميات الماء اللازمة للخلطات البيتونية المحضرة من الاسمنت البورتلاندي والرمل متوسط الخشونة (كمية الماء اللازمة له 7%) وبحسب أو زلط بأبعاد عظمى وفق ما يلي:



I - 10mm - 4، 20mm - 3، 40mm - 2، 80mm - 1

I - قساوة الخلطة حسب النورم الروسي

II - وفق الفيسكوزليومتر

III - بالطريقة المبسطة المخروط المختصر والديسك المرقم (محاضرات مواد البناء العملية)

ملاحظة 1: عند استخدام البحص بدلا من الزلط النهري أو البحري يتم رفع مصروف الماء بمقدار 10 L.

ملاحظة 2: إذا كان الرمل المستخدم ناعما ويتطلب كمية ماء أكثر من 7% يتم رفع مصروف الماء بواقع 5 L لكل 1% فوق السبعة بالمائة، وكذلك عند استخدام رمل خشن يتطلب كمية ماء أقل من 7% يتم تخفيض مصروف الماء بواقع 5 L لكل واحد بالمائة 1% تحت السبعة بالمائة المعتمدة للمنحنيات على الشكل (12).

ملاحظة 3: عند استخدام الاسمنت البوزولانسي يتم رفع مصروف الماء بواقع 15-20 L.

ملاحظة 4: عند استخدام مصروف الاسمنت 450-500 للتر المكعب الواحد يتم رفع مصروف الماء بواقع 10 L لكل 100 kg إسمنت.

ويمكن إيجاد مصروف المادة الفلزية المضافة (خبث الأفران) بالعلاقة:

$$X = \frac{\frac{W}{C} - (W/C)'}{(W/C)'} * C$$

حيث: (W/C)' العلاقة المائية الإسمتية المحققة لشروط الدبومة كما ذكر أعلاه كأكر قيمة مسموحة.

وهكذا:

$$X = \frac{0.76 - 0.65}{0.65} * 230 = 39 \text{ kg/m}^3$$

- وتكون كمية المادة القابضة (إسمنت + مالى فلزي (خبث الأفران)):

$$C + X = 230 + 39 = 269 \text{ kg/m}^3$$

- فراغات البحص:

واستناداً للعلاقة المائية الإسمنتية W/C ومصرف الإسمنت يتم من الجدول رقم (25)

اختيار قيمة معامل توسيع الفراغات وهو يساوي  $K_T = 1.34$ .

الجدول (25): قيم معامل توسيع الفراغات

W/C					مصرف الإسمنت
0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	
1.38	1.32	1.26	—	—	250
—	1.42	1.36	1.30	—	300
—	—	1.44	1.38	1.32	350
—	—	—	1.46	1.40	400

وقد تم حساب  $K_T$  بالنسبة والتناسب.

ويكون مصرف البحص والرمل:

$$G = \frac{1000}{\frac{P_G \cdot K_T}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = \frac{1000}{\frac{0.44 \cdot 1.34}{1.45} + \frac{1}{2.6}} = 1150 \text{ kg/m}^3$$

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{230}{3.1} + \frac{39}{2.1} + \frac{175}{1} + \frac{1150}{2.6} \right) \right] \cdot 2.65 = 769 \text{ kg/m}^3$$

وللاختصار وسهولة الكتابة والتعامل مع تركيب الخلطات واعتماد التعبير للمواد الداخلة

في البيتون وزناً يتم تقسيم مصرف كل مادة على مصرف الإسمنت وفق ما يلي:

$$\frac{C}{C} : \frac{S}{C} : \frac{G}{C} : \frac{W}{C} : \frac{X}{C} = \frac{230}{230} : \frac{769}{230} : \frac{1150}{230} : \frac{175}{230} : \frac{39}{230} = 1 : 3.3 : 5 : 0.76 : 0.17$$

أي يمكن القول عندها أنه لكل كمية من البيتون يجب أن نأخذ مثلاً واحد إسمنت و3.3

أمثال رمل و5 أمثال بحص و0.76 ماء و0.17 من وزن الإسمنت كمادة مألثة مضافة (خبث

الأفران) وذلك لسهولة التعبير والكتابة والشرح.

المسألة رقم 117:

إذا علمت أنه للحصول على  $100 \text{ m}^3$  من الخلطة البيتونية الإسمنتية ذات العلاقة المائية

الإسمنتية  $W/C=0.7$  تستخدم كمية من الإسمنت  $m_c=32t$  ومن الرمل حجماً  $V_s = 45m^3$  ومن البحص  $V_G = 78m^3$ .

فإذا كانت الأوزان الحجمية للإسمنت والرمل والبحص على التوالي ( $kg/m^3$ ) هي:

$$\gamma_{OG} = 1450; \quad \gamma_{OS} = 1500; \quad \gamma_{OC} = 1300$$

والأوزان النوعية أيضاً على التوالي ( $g/cm^3$ ) هي:

$$\gamma_G = 2.65; \quad \gamma_S = 2.65; \quad \gamma_C = 3.1$$

من وزن الإسمنت.

فاحسب: - معامل خروج البيتون.

- الوزن الحجمي والوزن النوعي له.

- نسبة الفراغات والمسامات فيه.

الحل: إن معامل خروج الخلطة البيتونية يساوي:

$$\beta = \frac{V_{b.M}}{V_C + V_S + V_G} \quad \text{المراجع (4-3-2-1)}$$

حيث:  $V_{b.M}$  - حجم الخلطة البيتونية.

$V_C - V_S - V_G$  هي أحجام الإسمنت والرمل والبحص.

ويتم حساب الحجم الردمي للإسمنت مثلاً بتقسيم وزن الإسمنت على وزنه الحجمي ومنه

حجم الإسمنت:

$$V_C = \frac{m_c}{\gamma_{OC}} = \frac{32}{1.3} = 24.6m^3$$

وهكذا يكون معامل خروج الخلطة:

$$\beta = \frac{100}{24.6 + 45 + 78} = 0.68$$

الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{O.bM} = \frac{m_c + m_w + m_s + m_G}{V_{bM}} = \frac{32 + 22.4 + 67.5 + 113.1}{100} = 2.35t/m^3$$

ويتم إيجاد مصروف الرمل والبحص وزناً بضرب المصروف بقيمة الوزن الحجمي:

$$m_s = 45 * 1.5 = 67.5t$$

$$m_G = 78 * 1.45 = 113.1t$$

وأما الماء  $m_w$  فيحسب وزنه كحاصل ضرب مصروف الإسمنت بالعلاقة W/C:

$$m_w = 32 * 0.7 = 22.4t$$

ولحساب الوزن الحجمي الوسطي للبيتون  $\gamma_{ob}$  عند تبخر كل الماء الزائد (غير المتفاعل)

يجب إدخال كمية الماء المتفاعلة (المرتبطة كيميائياً فقط)  $m_{xw}$  وهي تساوي:

$$m_{xw} = 32 * 0.2 = 6.4t$$

فيكون الوزن الحجمي للبيتون:

$$\gamma_{ob} = \frac{32 + 6.4 + 67.5 + 113.1}{100} = 2.19t/m^3$$

ويمكن حساب الوزن النوعي للبيتون من العلاقة:

$$\gamma_b = \frac{m_c + m_{xw} + m_s + m_G}{V_{ac} + V_{xw} + V_{as} + V_{aG}} = \frac{32 + 6.4 + 67.5 + 113.1}{10.3 + 6.4 + 67.1} = 2.61t/m^3$$

حيث:  $V_{ac}$  هو الحجم المطلق للإسمنت ويساوي  $\frac{m_c}{\gamma_s}$  أي أن  $\frac{m_c}{\gamma_s} = \frac{32}{3.1} = 10.3 m^3$

و  $V_{as}$  الحجم المطلق للرمل ويساوي  $\frac{m_s}{\gamma_s}$  الحجم المطلق للبحص  $V_{ag}$  ويساوي  $\frac{m_G}{\gamma_G}$

$$V_{aG} + V_{as} = \frac{(113.1 + 67.5)}{2.65} = 67.1$$

وللماء نفس الكمية حيث يتم التقسيم على  $\gamma_w = 1$  ويمكن الآن حساب الفراغات

(المسامات) للبيتون:

$$P_b = \frac{\gamma_b - \gamma_{ob}}{\gamma_b} * 100 = \frac{2.61 - 2.19}{2.61} * 100 = 16.3\%$$

ويمكن أيضاً حساب المسامية للبيتون بشكل تقريبي بعلاقة أخرى:

$$b = \frac{W - m_{xw} * C}{1000} * 100$$

حيث:  $m_{xw}$  نسبة الماء المتفاعل كيميائياً (المرتبط) وذلك كنسبة من وزن الإسمنت:

وتحسب كمية الماء من أجل  $1m^3$  من الخلطة بتقسيم كمية الماء كاملة على الحجم العام

للخلطة:

$$W = \frac{m_w}{V_{bm}} = \frac{22400}{100} = 224 \text{ kg/m}^3$$

وكذلك الإسمنت:

$$C = \frac{m_c}{V_{bm}} = \frac{32000}{100} = 320 \text{ kg/m}^3$$

وهكذا فإن للسامية تساوي:

$$P_b = \frac{224 - (320 * 0.2)}{1000} * 100 = 16\%$$

المسألة رقم 118:

إذا علمت أن المقاومة المميزة للبيتون المحضر من إحضارات اعتيادية جيدة بعمر  $n = 14$  يوماً كانت  $f_b^{14} = 25 \text{ MPa}$  وذلك لنسبة  $W/C = 0.5$ . فاحسب ماركة الإسمنت (مقاومة عينات نظامية لمونة إسمنتية نظامية بعمر نظامي  $= 28$  يوماً) وذلك بشكل تقريبي ومقبول.

الحل: لحساب ماركة الإسمنت بشكل تقريبي يمكن استخدام العلاقة المعروفة:

$$(1) \quad f_b = A * f_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

حيث:  $A$  معامل جودة الخصائص وشروط التنفيذ ويساوي لهذا المثال 0.6.

$f_b$  مقاومة البيتون لعينات بيتونية نظامية بعمر 28 يوماً.

$$\frac{C}{W} = 2 \quad \text{النسبة المئوية المئوية وتساوي} \quad \frac{1}{0.5}$$

ويمكن الآن استخدام علاقة حساب المقاومة للبيتون بعمر 28 يوماً:

$$(2) \quad f_b^{28} = f_b^n * \frac{\lg 28}{\lg n} = 25 * \frac{1.447}{1.146} = 32 \text{ MPa}$$

فتكون ماركة الإسمنت تقريباً وبالعودة للعلاقة رقم (1):

$$32 = 0.6 * f_c (2 - 0.5) \Rightarrow f_c = \frac{32}{0.6 * 1.5} = 35 \text{ MPa}$$

### المسألة رقم 119:

في معمل البيتون مسبق الصب تم تصنيع بيتون ماركة  $f_b = 300$  (حد التانة على الضغط لعينات نظامية بعمر نظامي) وهبوط المخروط تراوح من 9-12 cm واستخدم له إسمنت  $f_c = 400$  (حد التانة على الضغط لعينات مونة نظامية من هذا الإسمنت بعمر نظامي) وللسرعة تم معالجة العناصر البيتونية المحضرة بالبخار والحرارة حيث يكتسب العنصر البيتوني بهذه المعالجة 70% من الماركة خلال وقت قصير محدد.

ولكن تبين أن هذا البيتون بعد المعالجة لم يصل للمقاومة المطلوبة مما أوجد ضرورة لرفع ماركة البيتون إلى  $f_b = 400$ .  
ومن أجل الاقتصاد في الإسمنت تم استخدام إضافة كيميائية تحتوي على ملدن ومسرّع تصلب.

والمطلوب:

احسب فعالية الملدن إذا علمت أن الإضافة الملدنة تمكن من تخفيض مصروف الماء بنسبة 8% دون أن يتأثر هبوط المخروط أو التانة، وأن استخدام الملدن مسرّع التصلب المذكور يمكن من الحصول على 70% من ماركة البيتون  $f_b = 350$  بعد المعالجة بالبخار والحرارة. إن أكبر أبعاد حبات المواد الحصوية المستخدمة لا تتجاوز 40 mm.

الحل: يمكن أولاً حساب الاقتصاد في الإسمنت نتيجة لإضافة مسرّع التصلب أثناء تغيير ماركة البيتون من 400 إلى 350

$$(1) \quad f_b = A * f_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) \quad \text{ومن العلاقة} \quad \frac{C}{W} = \frac{f_b + 0.5 f_c \cdot A}{A * f_c} \quad \text{ينتج}$$

$$(2) \quad C = \left( \frac{C}{W} \right) * W1 \quad \text{ومصروف الإسمنت:}$$

ومن الشكل (12) يتضح أن مصروف الماء يساوي 195 kg  
وللبيتون ماركة 400 يكون قيمة  $C/W$  وقيمة  $C$  على التوالي:

$$\frac{C}{W} = \frac{40 + 0.5 * 0.6 * 40}{0.6 * 40} = 2.1 \quad \text{ومنه تكون قيمة } C:$$

$$C = 2.1 * 195 = 410 \text{ kg}$$

وعند تغيير ماركة البيتون تتغير قيمة  $C/W$ :

$$(3) \quad \Delta\left(\frac{C}{W}\right) = \frac{\Delta f_b}{\Delta f_c}$$

حيث:  $\Delta\left(\frac{C}{W}\right)$  الفارق في النسبة الإسمتية للمائية لكل ماركة من ماركات البيتون.

$\Delta F_b$  الفارق في مقاومة الضغط للعينات البيتونية النظامية بالعمر النظامي

ماركات التي تجري مقارنتها.

وهكذا فإن الانتقال من ماركة البيتون 400 إلى ماركة 350 يستدعي:

$$\Delta\left(\frac{C}{W}\right) = \frac{40-35}{0.6*40} = 0.21$$

ويتضح أن الاقتصاد في الإسمنت عند إضافة مسرع التصلب تحسب:

$$\Delta C_1 = \frac{\Delta C}{W} = 0.21 * 195 = 41 \text{ kg}$$

إن كمية 41 kg من الإسمنت تشكل 10% من مصروف الإسمنت اللازم للحصول على ماركة بيتون 400.

أما الاقتصاد الإضافي في مصروف الإسمنت نتيجة لإضافة الملدن يمكن حسابه وفق العلاقة:

$$\Delta C_2 = \left(\frac{C}{W}\right) * \Delta W$$

حيث:  $\Delta W$  انخفاض كمية الماء في الخلطة البيتونية.

وللبيتون ماركة 350 تكون  $C/W$  والنسي تم حسابها وفق العلاقة (I) في بداية الحل

تساوي  $C/W = 1.96$  وتكون  $\Delta W$ :

$$\Delta W = 195 * 0.08 = 15.6 \text{ kg}$$

حيث: 0.08 وردت في نص المسألة وهي النقص في مصروف الماء لوجود الملدن فيكون:

$$\Delta C_2 = 1.96 * 15.6 \approx 30 \text{ kg}$$

وتحسب الكمية الكاملة للإسمنت الذي تم اقتصاده نتيجة لإضافة مسرع التصلب والملدن

كما يلي:

$$\Delta C = \Delta C_1 + \Delta C_2 = 41 + 30 = 71 \text{ kg}$$

وهذا يشكل نسبة 17% من الإسمنت قبل إضافة الملدن أو المسرع أي المادة أي أن الإضافة الكيميائية المكونة من (ملدن + مسرع) مكنت من الاقتصاد في الإسمنت بنسبة 17%.

## 4.2 البيتون

### المسألة رقم 120:

احسب التركيب التقديري (المخيري) لبيتون ثقيل ماركة 300 سيستخدم في منشآت كتلية مع التسليح إذا علمت أن المواد المستخدمة:

إسمنت بورتلاندي ماركة 400 ووزن نوعي  $\gamma_c = 3.1 \text{ kg/L}$  - الرمل متوسط الخشونة يتطلب رطوبة طبيعية 7% ذو وزن نوعي  $\gamma_s = 2.63 \text{ kg/L}$  - البحص جيد وأبعاد أكبر الحبات 40mm ذو وزن نوعي  $\gamma_G = 2.6 \text{ kg/L}$  ووزن حجمي  $\gamma_{OG} = 1.48 \text{ kg/L}$  حيث أن هذه الحصويات تعتبر ميدانية عادية.

الحل: يتم البدء عادة في هذه المسائل بحساب W/C ويمكن إيجادها من القوانين التجريبية:

$$(1) \quad f_b = A * f_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$$

أو:

$$(2) \quad f_b = A_1 * f_c \left( \frac{C}{W} + 0.5 \right)$$

ويمكن أخذ قيمة المعامل A و  $A_1$  من الجدول رقم (26):

الجدول (26): قيم معامل جودة الحصويات

صفات الحصويات المستخدمة في البيتون	A	$A_1$
الحصويات عالية الجودة	0.65	0.43
حصويات ميدانية عادية	0.60	0.40
الحصويات ذات نوعية متوسطة نسبياً	0.55	0.37

وهنا يجب التذكر أن العلاقة رقم (1) ينصح بها وتستخدم في الحالات التالية:

$$A = 0.65 \quad \Rightarrow \quad f_b \leq 1.3 f_c$$

$$A = 0.60 \quad \Rightarrow \quad f_b \leq 1.2 f_c$$



$$A=0.55 \Rightarrow f_b \leq 1.1f_c$$

وإذا كان المطلوب مقومات أكبر للبيتون ينصح باستخدام العلاقة الثانية.  
وكما هو معلوم فإنه لأنواع البيتون ذات النسبة  $W/C \geq 0.4$  يستخدم القانون الأول، أما  
لأنواع البيتون ذات النسبة  $W/C < 0.4$  يستخدم القانون الثاني.

$$\text{وفي هذه المسألة لدينا: } f_b = \frac{300}{400} = 0.75f_c$$

$$\text{ولهذا نستخدم العلاقة الأولى مع معامل جودة الحصى } A = 0.60$$

$$\frac{W}{C} = \frac{0.6 * f_c}{f_b + 0.5 * 0.6 * f_c} = \frac{0.6 * 400}{300 + 0.3 * 400} = 0.572$$

$$\text{وتعتمد } \frac{W}{C} = 0.57$$

وبالعودة للشكل (12) لحساب مصروف الماء الذي يتعلق بطراوة وقساوة الخلطة البيتونية  
(أي نخاصية الخلطة باتخاذ شكل القالب المخصص لها) وطبعاً أبعاد أكبر حبات البحص،  
وكثافة التسليح إن كان البيتون مسلحاً، وطريقة دمك البيتون (الرص)، وعوامل أخرى  
عديدة (انظر الجدول 27).

وبالأخذ بهذه الملاحظات ومن الشكل (12) أي هبوط المخروط 2-4 cm ومؤشر القساوة  
يعطي 15-25 cm وهذا يعني أن مصروف الماء  $W$ :

$$W = 168 + 10 = 178 \text{ L/m}^3$$

أما مصروف الإسمنت:

$$C = \frac{W}{W/C} = \frac{178}{0.57} = 312 \text{ kg/m}^3$$

أي 312 kg لكل 1m<sup>3</sup> بيتون.

فراغات البحص:

$$P_{OG} = \frac{\gamma_G - \gamma_{OG}}{\gamma_G} = \frac{2600 - 1480}{2600} = 0.43$$

ويتم حساب مصروف البحص من العلاقة:

$$G = \frac{1000}{\frac{\alpha * P_{OG}}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = \frac{1000}{\frac{1.36 * 0.43}{1480} + \frac{1}{2600}} = 1283 \text{ kg/m}^3$$

أي أن مصروف البحص هو 1283 kg لكل 1m<sup>3</sup> من البيتون.

الجدول (27): طراوة الخلطة البيتونية التي ينصح بها حسب المنشأة

نوع العنصر أو المنشأة وطريقة الصنع والصب	هبوط المخروط (cm)	مؤشر دليل القساوة (sec) (الوقت اللازم لتأخذ الخلطة المخروطية سطحاً مستوياً)
بيتون تحت الأساسات وكذلك أساسات الطرق - الأرضيات - الأغشية الطرقية وأغطية المطارات	0	50 - 60
المنشآت الكتلية غير المسلحة - الجدران الاستنادية - الأساسات	0 - 2	25 - 35
المنشآت الكتلية المسلحة	2 - 4	15 - 25
منشآت الحماية المنفذة من بيتون ثقيل عالي الجودة	2 - 4	15 - 25
البلاطات - الأعمدة - الجوائز المصبوبة في المكان	2 - 4	15 - 25
جميع العناصر الرشيقة كثيفة التسليح	4 - 6	10 - 15
العناصر التي توجب فك القالب بسرعة	0	80 - 100
الجدران مسبقة الصب مع الرج بوضع شاقولي	0	60 - 80
جميع العناصر البيتونية المسلحة المصبوبة في قوالب معدنية أو لأعمال التدعيم التي يستعمل فيها المعدن الصفاحي أو الزوايا	0	50 - 60

$\alpha$  معامل توسيع الفراغات = 1.36 وتؤخذ قيم هذا العامل من الجدول (28) وهو يتعلق

بمصروف الإسمنت والعلاقة W/C.

الجدول (28): قيم معامل توسيع الفراغات  $\alpha$

قيم $\alpha$ معامل توسيع الفراغات للخلطات البيتونية اللدنة المحضرة من رمل متوسط النعومة يتطلب ماء لتوازنه الطبيعي بنسبة 7% من وزنه للنسبة المئوية الإسمتية التي تساوي:					مصروف الإسمنت kg/m <sup>3</sup>
0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	
1.38	1.32	1.26	—	—	250
—	1.42	1.36	1.3	—	300
—	—	1.44	1.38	1.32	350
—	—	—	1.46	1.4	400

ملاحظة للجدول (28): عند استخلام رمل ناعم يتطلب ماء بنسبة أكبر من 7% ننخفض قيمة المعامل  $\alpha$  بمقدار 0.03 لكل 1% زيادة عن 7% . وعند استخدام رمل خشن يتطلب ماء أقل من 7% ترتفع قيمة المعامل  $\alpha$  بمقدار 0.03 لكل 1% أقل من 7% .  
مصروف الرمل:

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{C}{\gamma_c} + W + \frac{G}{\gamma_G} \right) \right] \gamma_s$$

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{312}{3.1} + 178 + \frac{1283}{2.6} \right) \right] 2.63 = 600 \text{ kg/m}^3$$

وهكذا يكون الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{ob} = C + W + S + G = 312 + 178 + 600 + 1283 = 2373 \text{ kg/m}^3$$

المسألة رقم 121:

إذا علمت أن تركيب البيتون مخبرياً هو التركيب نفسه في المسألة السابقة، وكانت رطوبة الرمل 2% ورطوبة البحص في الحالة الطبيعية 1% .  
احسب التركيب في الورشة للبيتون المطلوب.

الحل: - محتوى الرمل من الماء:

$$W_S = \frac{S}{100} * W_S = \frac{600}{100} * 2 = 12L$$

- محتوى البحص من الماء:

$$W_G = \frac{G}{100} * W_G = \frac{1283}{100} * 1 = 12.83L$$

- مصروف الماء في الورشة:

$$W_F = W - (W_S + W_G) = 153.17 = 153L$$

- وزن الرمل المستخدم من أجل  $1m^3$  بيتون في الورشة:

$$S_F = S + W_S = 612kg/m^3$$

- وزن البحص المستخدم من أجل  $1m^3$  بيتون في الورشة:

$$G_F = G + W_G = 1295.83kg/m^3$$

وأما مصروف الإسمنت فلا يتغير  $C = 312 kg/m^3$

- الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{oc} = C + W_F + S_F + G_F = 2373kg/m^3$$

وهكذا فإن الوزن الحجمي للخلطة في الورشة يساوي وزنها الحجمي في المخبر.

### المسألة رقم 122:

احسب مصروف المواد لحلة (وعاء الجبالة) واحدة سعتها  $V_D = 1200L$  إذا علمت أن

مصروف المواد من أجل  $1m^3$  من البيتون يكون:  $C = 312 kg$ ;  $W = 153 L$ ;

$G = 1296 kg$ ;  $S = 612 kg$ ; والوزن الحجمي للرمل الرطب  $1.6 kg/L$  وللبحص الرطب

$1.495 kg/L$  وللإسمنت  $\gamma_{oc} = 1.3kg/L$  هذا وقد بينت التجارب المخبرية أن أفضل حالات

اكتنازاً هي عندما يكون البحص بأبعاد تتراوح بين  $10 - 20mm$  بنسبة 40% منه وأبعاد بين

$20 - 40mm$  بنسبة 66% منه.

الحل: معامل خروج الخلطة البيتونية:

$$\beta = \frac{1000}{V_C + V_S + V_G} = \frac{1000}{\frac{C}{\gamma_{oc}} + \frac{S}{\gamma_{os}} + \frac{G}{\gamma_{og}}} = 0.702$$

- مصروف المواد لحلة (وعاء الجباله الدوار) واحده:

الإسمنت:

$$C_1 = \frac{V_D \cdot \beta}{1000} \cdot C = \frac{1200 \cdot 0.702}{1000} \cdot 312 = 0.84 \cdot 312 = 262 \text{ kg}$$

الماء :

$$W_1 = \frac{V_D \cdot \beta}{1000} \cdot W = \frac{1200 \cdot 0.702}{1000} \cdot 153 = 0.84 \cdot 153 = 127.8 \text{ L}$$

الرمل:

$$S_1 = \frac{1200 \cdot 0.702}{1000} \cdot 612 = 515 \text{ kg}$$

البحص:

$$G_1 = \frac{1200 \cdot 0.702}{1000} \cdot 1296 = 1090 \text{ kg}$$

إذ يتم أخذ 436 kg من البحص بأبعاد 10-20 mm وأخذ 654 kg من البحص بأبعاد الحبات 20-40 mm.

ويلاحظ أن القيمة  $\frac{1200 \cdot 0.702}{1000}$  هي قيمة ثابتة يمكن تسميتها K حيث  $K = 0.84$  كما هو واضح.

### المسألة رقم 123:

باستخدام نتائج الحسابات لكميات المواد في المسألة السابقة رقم 122 والمسألة 119، اكتب التركيب المثالي (المخيري) والتركيب الحقلي (في الورشة) وذلك وزناً وحجماً وبطريقة جديدة كما يلي: (1: X: Y) حيث 1 تعبر عن وزن الإسمنت أو حجمه، X تعبر عن وزن الرمل أو حجمه، Y تعبر عن وزن البحص أو حجمه إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل الجاف هو  $\gamma_{osd} = 1.63 \text{ kg/L}$ .

الحل: - التركيب المثالي (المخيري) وزناً:

$$1: X: Y = \frac{C}{C} : \frac{S}{C} : \frac{G}{C} = 1: 1.93: 4.13$$

- التركيب المثالي للبيتون حجماً:

$$1: X_1: Y_1 = 1: \frac{S * \gamma_{oc}}{C * \gamma_{os}}: \frac{G * \gamma_{oc}}{C * \gamma_{og}} = 1: 1.536: 3.63$$

- تركيب البيتون حقيقياً (في الورشة) وزناً:

$$1: S_F: Y_F = \frac{C}{C}: \frac{S_F}{C}: \frac{G_F}{C} = 1: 1.97: 4.17$$

- تركيب البيتون حقيقياً (في الورشة) حجماً:

$$1: X_{1,F}: Y_{1,F} = 1: \frac{S_F * \gamma_{oc}}{C * \gamma_{osF}}: \frac{G_F * \gamma_{oc}}{C * \gamma_{ogF}} = 1: 1.615: 3.61$$

### المسألة رقم 124:

احسب مصروف المواد من أجل  $1m^3$  من الخلطة البيتونية ذات الوزن الحجمي  $\gamma_{ob} = 2300kg/m^3$  والنسبة المائبة الإسمنتية  $W/C = 0.42$  إذا علمت أن التركيب الحقيقي

(في الورشة) للبيتون المطلوب هو  $1: X: Y = 1: 2: 4$

حيث: 1 تعبر عن مصروف الإسمنت وزناً.

X تعبر عن مصروف الرمل وزناً.

Y تعبر عن مصروف البحص وزناً.

الحل:

$$\gamma_{ob} = C + S + G + W = C (1 + X + Y + W/C)$$

لأنه إذا ما تم الضرب بـ C لكل ما هو داخل القوس ستعود القيم إلى شكلها الأصلي

دون تغيير ولهذا:

$$C = \frac{\gamma_{ob}}{1 + X + Y + \frac{W}{C}} \Rightarrow$$

$$W = C * \frac{W}{C}$$

$$S = X * C$$

$$G = Y * C$$

وبحل هذه المعادلات يتم الحصول على:

$$C = 310 \text{ kg}; W = 130L; S = 620 \text{ kg}; G = 1240 \text{ kg}$$

### المسألة رقم 125:

احسب تركيب البيتون عالي المقاومة ماركة 500 لمنشأ كتلي مع تسليح خفيف إذا علمت أن هبوط المخروط 2-3 cm والمواد هي إسمنت بورتلاندي ماركة 500 ذو وزن نوعي  $3200 \text{ kg/m}^3$ ، البحص جيد ذو أبعاد حبات لا تزيد عن 40 mm وزنه الحجمي  $1560 \text{ kg/m}^3$  ووزن نوعي  $2600 \text{ kg/m}^3$  حيث يحتوي على نسبة 40% من الحبات بمقياس يتراوح 10 - 20 mm وعلى نسبة 60% من الحبات ذات الأبعاد 20 - 40 mm، الرمل ذو وزن نوعي  $2600 \text{ kg/m}^3$  ووزن حجمي  $1620 \text{ kg/m}^3$  وكمية الماء التي يتطلبها الرمل 7% وقد تم طحن الإسمنت بنعومة أعلى فتغيرت ماركة لتصبح  $600 \text{ kg/cm}^2$ .

الحل:

$$\frac{W}{C} = \frac{0.55 \cdot f_c}{f_b + 0.55 \cdot 0.5 f_c} = \frac{0.55 \cdot 500}{500 + 0.55 \cdot 0.5 \cdot 500} = 0.432$$

ومصروف الماء من الشكل (12):

$$W = 160 + 10 = 170 \text{ L} \quad \text{أما مصروف الإسمنت:}$$

$$C = 170 \cdot 0.432 = 394 \text{ kg/m}^3$$

ولكن ولأنواع البيتون عالية المتانة (المقاومة) وذلك للمنشآت الكتلية لا ينصح بتجاوز مصروف الإسمنت كما يلي:

للإسمنت البورتلاندي عالي البيليت لا يزيد المصروف عن 430 kg للمتر المكعب.

وعند استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي لا يزيد عن 375 kg للمتر المكعب الواحد لأن رفع المصروف أكثر من القيم المذكورة يصبح المنشأ غير اقتصادي لأن زيادة مصروف الإسمنت لن يرفع المتانة أكثر من ذلك ولذلك وباعتبار أن مصروف الإسمنت هنا أكبر من  $375 \text{ kg/m}^3$  ينصح باستخدام نفس الإسمنت ولكن مع زيادة طحنه لسطح نوعي أكبر مما يرفع ماركة الإسمنت (نشاطه) إلى  $600 \text{ kg/cm}^2$  وعندها:

$$\frac{W}{C} = \frac{0.55 \cdot 600}{500 + 0.55 \cdot 0.5 \cdot 600} = 0.497$$

والإسمنت:

$$C = 170 * 0.497 = 342 \approx 350 \text{ kg/m}^3$$

وبالحصى:

$$G = \frac{1000}{0.40 * \frac{1.41}{1.56} + \frac{1}{2.6}} = 1340 \text{ kg/m}^3$$

ومصروف الرمل:

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{342}{3.1} + 170 + \frac{1340}{2.6} \right) \right] * 2.6 = 533 \text{ kg/m}^3$$

وبهذا يصبح الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{ob} = 342 + 170 + 533 + 1340 = 2385 \text{ kg/m}^3$$

المسألة رقم 126:

لنفس معطيات وشروط المسألة رقم 120 احسب تركيب البيتون الذي بدل فيه فقط الرمل من رمل عادي إلى رمل ناعم (معامل الخشونة 1.1) حيث يتطلب هذا الرمل الناعم 10% ماء وله وزن نوعي  $\gamma_s = 2630 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: تم حساب مصروف الماء بالأخذ بعين الاعتبار أنه عند تغيير الرمل في البيتون من رمل عادي إلى رمل ناعم يختلف هبوط المخروط إلى النقصان وفق الجدول (29) التالي:

الجدول (29): هبوط المخروط للخلطة البيتونية (cm)

الخلطة برمل متوسط الخشونة (عادي)	الخلطة برمل ناعم
2 - 3	1 - 2
4 - 5	2 - 3
6 - 8	4 - 6
9 - 13	7 - 10



ومن الشكل (12) وعند هبوط للمخروط يساوي 2 - 3 cm يكون مصروف الماء بشكل

تقريبي:

$$W = 160 + 5 \cdot (10 - 7) + 10 = 185L$$

وعندها:

$$W/C = \frac{0.55 \cdot f_c}{f_b + 0.55 \cdot 0.5 \cdot f_c} = 0.537$$

ومنه:

$$C = \frac{185}{0.537} = 345 \text{ kg/m}^3$$

أما مصروف البحص فيساوي:

$$G = \frac{1000}{\frac{\alpha \cdot V_G}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = 1303 \text{ kg/m}^3$$

حيث:

$$V_G = \frac{2600 - 1480}{2600} = 0.43$$

$$\alpha = 1.41 - 0.03(10 - 7) = 1.32$$

انظر الجدول (25) (معامل توسيع الفراغات)

مصروف الرمل:

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{C}{\gamma_C} + W + \frac{G}{\gamma_G} \right) \right] \gamma_S = \left[ 1000 - \left( \frac{345}{3.1} + 185 + \frac{1303}{2.6} \right) \right] 2.63 = 530 \text{ kg/m}^3$$

وبهذا فإن الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{ob} = 2363 \text{ kg/m}^3$$

المسألة رقم 127:

حدد تركيب البيتون الطرقي لصب بلاطات طرقية (الرصف الصلب للطرق) بمقاومة على

الانعطاف  $f_{bi} = 40 \text{ kg/cm}^2$  وهبوط للمخروط يعبر عن طراوة الخلطة يساوي 1-2 cm.

المواد المستخدمة: - إسمنت بورتلاندي ماركة  $f_c = 440 \text{ kg/cm}^2$  ذو وزن نوعي

$$\gamma_c = 3100 \text{ kg/m}^3$$

– الرمل متوسط الخشونة ذو وزن حجمي  $\gamma_{os} = 1650 \text{ kg/m}^3$  ووزن نوعي

$$\gamma_s = 2650 \text{ kg/m}^3$$

– البحص: جيد ذو وزن نوعي  $2650 \text{ kg/m}^3$  ووزن حجمي  $1540 \text{ kg/m}^3$  ومن صخر

اندفاعي.

الحل: إن مقاومة الانعطاف للإسمنت (الشد بالانعطاف لعينات نظامية بعمر نظامي):

$$f_{ci} = 0.08 * f_{cp} + 11 = 0.08 * 440 + 11 = 46 \text{ kg/cm}^2$$

حيث:  $f_{cp}$  مقاومة الإسمنت للضغط (مقاومة تبديها العينات النظامية لمونة إسمنتية نظامية

بعمر نظامي بعد كسرها بشروط نظامية)

– تحسب النسبة المئوية الإسمنتية من العلاقة التالية حسب نوع الحصى في البيتون:

لأنواع البيتون الحاوية على بحص جيد من صخور اندفاعية:

$$W/C = 0.45 \frac{f_{ci}}{f_{bi}} + 0.03$$

لأنواع البيتون الحاوية على بحص جيد من صخور رسوية:

$$W/C = 0.45 * \frac{f_{ci}}{f_{bi}} + 0.07$$

ولهذه المسألة:

$$W/C = 0.45 * \frac{44}{40} + 0.03 = 0.54$$

ولديمومة البيتون ومقاومته للعوامل الجوية من ارتفاع أو انخفاض لدرجات الحرارة ينصح

بالنسبة المئوية الإسمنتية  $W/C$  كما يلي:

– في المناطق ذات المناخ البارد القاسي: مرتفعات القلمون – الحرمون – البادية شتاءً

$$W/C = 0.5$$

– في المناطق ذات المناخ المعتدل العادي تكون:  $W/C = 0.53$ .

– في المناطق ذات المناخ اللطيف تكون:  $W/C = 0.55$ .

- في المناطق الحارة تكون:  $W/C \leq 0.6$ .

وللحساب في هذه المسألة نستخدم  $W/C = 0.54$  ويعتمد مصروف الماء من الجدول (30).

الجدول (30)

أنواع الحصىات المستخدمة في البيتون	مصروف الماء
بحص من صخور ذات منشأ اندفاعي (جيد)	155
بحص من صخور كلسية أو رسوبية (جيد)	165
الزلط النهري أو البحري	145
رمل ناعم مع بحص من أصل اندفاعي	165
الرمل من صخر كلسي والبحص كذلك	180

ونستخدم  $W = 155L$  فيكون :

$$C = \frac{155}{0.54} = 287kg \text{ مصروف الإسمنت:}$$

$$G = \frac{1000}{\frac{\alpha * V_g}{\gamma_{og}} + \frac{1}{\gamma_g}} = 1340kg \text{ مصروف البحص:}$$

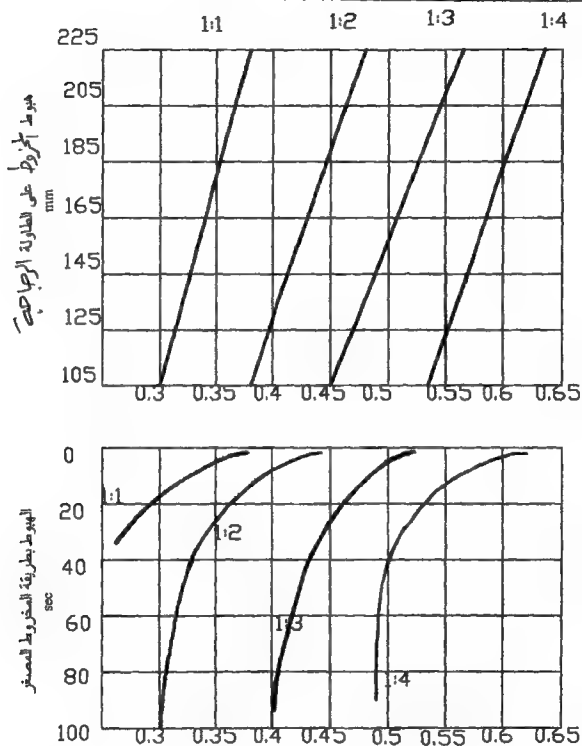
حيث نستخدم:  $\alpha$  - معامل توسيع الفراغات من الجدول رقم (28) بواقع  $1.3 - 1.35$

$VG$  - نسبة الفراغات في البحص "حجم الفراغات"  $= 0.42$

ويكون مصروف الرمل:

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{287}{3.1} + 155 + \frac{1340}{2.65} \right) \right] 2.65 = 655kg$$

ويجب التأكيد على أن التركيب النهائي للبيتون الطرقي موضوع هذه المسألة يتم اعتماده بشكله النهائي بعد صب عينات وفق التركيب المحسوب في هذه المسألة وتجريب هذه العينات أصولاً.



الشكل (13) اختيار نسبة الإسمنت إلى الرمل متوسط الخشونة مع افتراض أن الرمل يتطلب 7% ماء  
كرطوبة خاصة طبيعية له

- ملاحظة 1 - إذا كان الرمل ناعماً ويتطلب رطوبة طبيعية خاصة أكبر من 7% يتم تخفيض مصروف الرمل بمقدار 5% لكل واحد بالمائة 1% ونسبة الرطوبة فوق 7%.
- ملاحظة 2 - إذا كان الرمل خشناً ويتطلب رطوبة طبيعية خاصة أقل من 7% يتم عندها زيادة مصروف الرمل بواقع 55 لكل واحد بالمائة 1% ونسبة الرطوبة أقل من 7%.
- ملاحظة 3 - إذا كانت الرطوبة الطبيعية غير معروفة للرمل عندها يتم العودة للشكل (14) لاختيار النسبة الاسمنتية الرملية المناسبة.

هذا الاختيار يتم وفقاً للعلاقة W/C لتأمين الحركية المطلوبة لخلطة اسمنتية رملية

### المسألة رقم 128:

احسب واختر التركيب المناسب لخلطة بيتونية لصنع بلاطة من البيتون المسلح رشيقة ذات سماكة قليلة بماركة بيتون 300، إذا علمت أن القساوة المطلوبة للخلطة الاسمنتية الرملية 30 sec، والمواد المستخدمة هي: - إسمنت بورتلاندي ماركة 400 - الرمل: رمل مقلع عادي ذو معامل خشونة  $M_s = 1.5$  ووزن نوعي  $\gamma_s = 2.63 \text{ gr/cm}^3$  وشروط التصلب عادية.

الحل: نبدأ بحساب W/C:

$$\frac{W}{C} = \frac{A * f_c}{f_b + A * 0.5 * f_c} = \frac{0.6 * 400}{300 + 0.6 * 0.8 * 400} = 0.49$$

ثم نختار من الشكل (13) النسبة بين الإسمنت والرمل n: 1 حيث نبين أنها تساوي 1: 3.7 وذلك تبعاً للقساوة 30sec وبالتصحيح باستخدام الشكل (14) تبعاً لمعامل الخشونة  $M_s = 1.5$  تبين أن النسبة الحسابية بين الإسمنت والرمل n: 1 تساوي 1: 3.2.

مصروف الإسمنت:

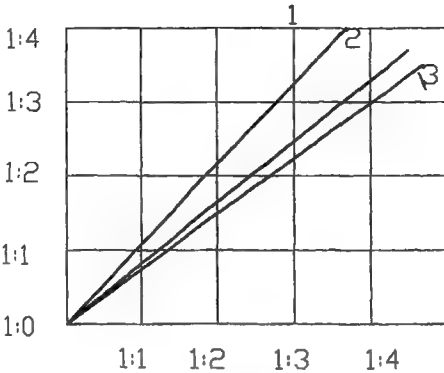
$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{W}{C} + \frac{n}{\gamma_s}} = \frac{1000}{\frac{1}{3.1} + 0.49 + \frac{3.2}{2.63}} = 490 \text{ kg}$$

- مصروف الماء:  $W = 490 * 0.49 = 240 \text{ L}$

- مصروف الرمل:  $S = 3.2 * 490 = 1570 \text{ kg}$

- ومنه الوزن الحجمي الحسابي:  $\gamma_{obM} = 490 + 240 + 1570 = 2300 \text{ kg/m}^3$

النسبة الحسابية بين الإسمنت والرمل وذلك تبعاً لخشونة الرمل



النسبة C/S وفق الشكل (13)

الشكل (14) منحنيات تحديد نسبة الاسمنت إلى الرمل والتي تؤمن الحركة (هبوط المخروط) المطلوبة للخلطة الاسمنتية الرملية وذلك تبعاً لخشونة الرمل وفق معامل الخشونة له كمايلي:

الملاحظات

1- لأنواع الرمل معامل الخشونة 2.5.

2- لمعامل الخشونة 1.5.

3- لمعامل الخشونة 0.75.

المسألة رقم 129:

حدد واحسب تركيب البيتون قليل البحص المطلوب استخدامه بدلاً عن بيتون ماركة 400 بحصويات ناعمة وذلك بهدف تقليل التشوهات في البيتون بنسبة 10%، الطراوة المطلوبة (هبوط المخروط) 1-2cm، الإسمنت ماركة 600 - الوزن النوعي للرمل 2.65، الرطوبة المطلوبة للرمل 8%، البحص جيد وزنه النوعي 2.65 أبعاد أكبر الحبات فيه 40mm.

الحل: البداية بحساب W/C:

$$W/C = \frac{0.4 \cdot 600}{400 + 0.4 \cdot 0.5 \cdot 600} = 0.46$$

- يتم حساب مصروف الماء بالعودة إلى الشكل (12) وتبين أنه يساوي  $W = 165 \text{ L/m}^3$

وبالأخذ بعين الاعتبار رطوبة الرمل المطلوبة يصبح للمصروف  $W = 170 \text{ L/m}^3$

- مصروف الإسمنت C:

$$C = 170 \cdot 0.46 = 370 \text{ kg/m}^3$$

- مصروف البحص: يتم حسابه بالعلاقة التجريبية التقريبية:

$$G = \frac{(Y-1) \cdot 1200}{a} \quad (\text{المرجع 1})$$

حيث: Y التغير المطلوب بخواص الببتون وهنا تغير من ببتون بحصويات ناعمة إلى ببتون

قليل البحص وبالتيجة Y هي قيمة نسبية.

1200 وهذا الرقم هو الكمية الوسطية الاعتيادية لمصروف البحص  $\text{kg/m}^3$ .

a معامل تجريبي وتقع قيمه التقريبية ضمن المجالات التالية:

- عند حساب التغير في المقاومات للانعطاف تتراوح قيمه من 0.10 حتى 0.15.

- عند تحديد وحساب تغير المقاومة المكعبية تتراوح قيمة a من 0 حتى 0.05.

- عند حساب تغير معامل التشوهات  $\sigma = 0.5F$  تتراوح قيمة a من 0.2 حتى 0.3.

- عند تحديد التغير في انكماش الببتون تتراوح قيمة a من 0.3 حتى 0.7 (المرجع 3).

ولهذا المثال تتغير تشوهات الببتون بقيمة 10% أي  $Y = 1.1$ ،  $a = 0.25$  ومنه فإن G:

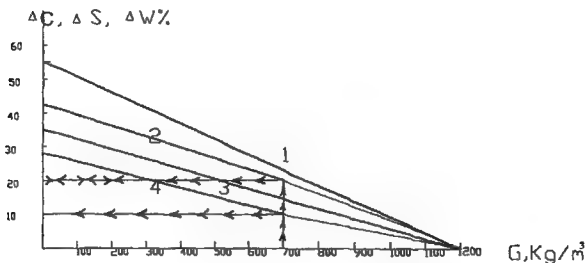
$$G = \frac{(1.1-1) \cdot 1200}{0.25} = 480 \text{ kg/m}^3$$

- وملاحظة الشكل (15) لتدقيق مصروف الإسمنت والماء تبين أن مصروف الإسمنت

يرتفع بمقدار 1.32 مرة والماء يزداد بمقدار 1.21 مرة ويصبح:

$$C = 1.32 \cdot 370 = 490 \text{ kg/m}^3$$

$$W = 1.21 \cdot 370 = 205 \text{ L/m}^3$$



الشكل (15) منحنيات لحساب تراكيب البتون قليل البحص

- 1 - رفع مصروف الاسمنت للحصول على خلطات بيتونية بنفس هبوط المخروط.
- 2 - أيضاً ولتأمين حركية واحدة للخلطات.
- 3 - رفع مصروف الماء لتأمين خلطات بيتونية بنفس هبوط المخروط.
- 4 - أيضاً ولتأمين حركية واحدة لجميع الخلطات البيتونية.

- مصروف الرمل:

$$S = \left[ 1000 - \left( \frac{490}{3.1} + 205 + \frac{480}{2.65} \right) \right] * 2.65 = 1235 \text{ kg/m}^3$$

- الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{obM} = 490 + 205 + 480 + 1235 = 2410 \text{ kg/m}^3$$

لقد تم إثبات أن إدخال البحص في البتون كبديل جزئي عن الرمل فقط أو البحص الناعم والرمل فقط يؤدي إلى تقليل التشوهات أي بالنتيجة تبين أن البتون غير الحاوي على البحص يكون عادة ذو تشوهات أكبر.

المسألة رقم 130:

إذا كان تركيب البتون وزناً X: Y: 1 يساوي 2: 1: 4 لنسبة W/C = 0.45 ومصروف الإسمنت يساوي 300 kg/m³ وقد تم حقن هذا البتون أثناء تحضيره بمادة ملدنة (فينسول)



بنسبة 0.04% (من وزن الإسمنت) مما أدى لحيوط قيمة W/C بمقدار 10% وبالتالي الوزن الحجمي للبيتون بمقدار 5%.

احسب مصروف المواد من أجل 1m<sup>3</sup> بيتون واحسب وزنه الحجمي ومقدار ازدياد الفراغات فيه نتيجة لوجود الإضافة (الفينسول).

الحل: - الوزن الحجمي للبيتون قبل وجود الإضافة:

$$\gamma_{obM} = 300 + 600 + 1200 + 135 = 2235 \text{ kg/m}^3$$

- الوزن الحجمي للبيتون بوجود الإضافة (الفينسول):

$$\gamma'_{obM} = (1 - 0.05) * \gamma_{obM} = (1 - 0.05) * 2235 = 2123 \text{ kg/m}^3$$

- مصروف المواد من أجل 1m<sup>3</sup> بيتون مع الإضافة:

$$\left(\frac{W}{C'}\right) = (1 - 0.1) * 0.45 = 0.405$$

$$C' = \frac{\gamma'_{obM}}{1 + X + Y + (W/C')} = \frac{2123}{1 + 2 + 4 + 0.405} = 286.7 \text{ kg/m}^3$$

$$S = X * C' = 2 * 286.7 = 573.4 \text{ kg/m}^3$$

$$G = Y * C' = 4 * 286.7 = 1164.8 \text{ kg/m}^3$$

$$W = \frac{W}{C'} * C' = 0.405 * 286.7 = 116.1 \text{ L/m}^3$$

ازدياد الفراغات:

$$\Delta V_p = \frac{\gamma_{obM} - \gamma'_{obM}}{\gamma_{obM}} * 100 = \frac{2235 - 2123}{2235} * 100 = 5\%$$

حيث:  $\gamma_{obM}$  الوزن الحجمي للخلطة البيتونية قبل الإضافة.

$\gamma'_{obM}$  الوزن الحجمي للخلطة البيتونية بعد الإضافة.

المسألة رقم 131:

احسب التركيب اللازم لبيتون ذي مسامات كبيرة ماركته 50 إذا علمت أن المواد

المستخدمة:

إسمنت بورتلاندي ماركة 400 وبحص من صخر اندفاعي وذو وزن حجمي

$$1600 \text{ kg/m}^3$$

الحل: - إن مصروف الإسمنت بالاستعانة بالمنحنيات للشكل (16) تبين أنه  $C = 135$

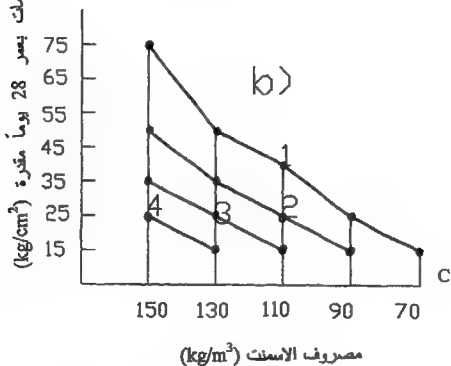
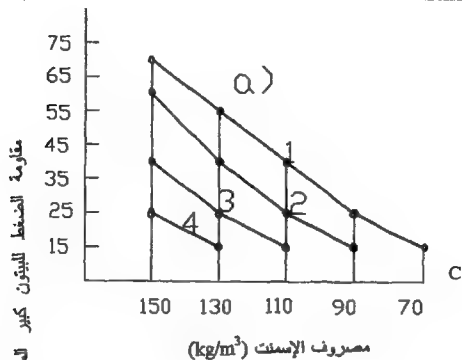
$\text{kg/m}^3$  وتكون قيمة  $W/C$  التقريبية حسب الجدول (31):  $W/C = 0.404$

الجدول (31): قيم  $W/C$  وفقاً لمصروف الإسمنت ونوع الخصويات

العلاقة $W/C$ لأنواع البيتون وفق مايلي:			مصروف الإسمنت في البيتون ( $\text{kg/m}^3$ )
ببتون مع محص كلسي امتصاصه للماء 4%	ببتون مع زلط	ببتون مع محص غوانيستي	
0.83	0.667	0.5	70
0.74	0.60	0.46	90
0.655	0.55	0.427	110
0.590	0.51	0.408	130
0.525	0.46	0.395	150

وبالعودة للجدول (30) لحساب الوزن الحجمي الطبيعي للببتون كبير المسامية في الحالة

الجافة المرجع (2 - 3) تبين أن  $\gamma_{ob} = 1828 \text{ kg/m}^3$



الشكل (16) علاقة مقاومة الضغط للبيتون عالي المسامية بمصرف الإسمنت

a - البيتون محضر بزلط

b - بيتون محضر ببحص.

- 1 - إسمنت ماركة 400.
- 2 - إسمنت ماركة 300.
- 3 - إسمنت ماركة 250.
- 4 - إسمنت ماركة 200.

الجدول (32)

الوزن الحجمي $\text{kg/m}^3$ للبيتون كبير المسامية في الهواء عند مصروف الإسمنت $\text{kg/m}^3$					نوعية الحصىات
150	130	110	90	70	
1850	1820	1790	1770	1750	زلط ثقيل أو بحص غرائقي
1780	1760	1740	1720	1700	بحص كلسي جيد

- مصروف الماء W:

$$W = C * \frac{W}{C} = 135 * 0.404 = 54.5 \text{ L/m}^3$$

- حروف البحص G:

$$G = 1828 - (135 + 20) = 1673 \text{ kg/m}^3$$

حيث يعني الرقم 20 داخل القوس 20 kg ماء هي التي دخلت في التفاعل الكيميائي

وتشكل تقريباً 15% من وزن الإسمنت أي:  $135 * 0.15 = 20 \text{ kg}$

ويصبح تركيب البيتون: إسمنت: بحص وزناً

$$X: 1$$

$$1: X = 1: 12.35 \text{ وزناً}$$

وتركيب البيتون حجماً:

$$1: X' = \frac{\frac{135}{1.3}}{\frac{1673}{1.3}} = \frac{1.3}{1.3} = 1: 10$$

وهكذا تم إكمال الحسابات لتركيب الخلطة البيتونية وفق قيم  $(\frac{W}{C}) \pm 0.05$  ويتم صب

عينات تجريبية على هذا الأساس حيث يتم كسرها بعد حفظها بالشروط النظامية. وعلى

أساس النتائج يعتمد التركيب النهائي للبيتون.

المسألة رقم 132:

احسب مصروف الإسمنت ومصرف البحص اللازم لخلطة واحدة من البيتون كثر الفراغات في وعاء جباله سعته 500 L إذا علمت أن تركيب هذا البيتون 1: n يساوي 10.5: 1 لمصرف إسمنت  $147 \text{ kg/m}^3$ .  
الوزن الحجمي للإسمنت  $1250 \text{ kg/m}^3$  وللبحص  $1520 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: نحسب معامل خروج البيتون:

$$\beta = \frac{V_b}{V_c + V_g} = \frac{V_b}{C * \left( \frac{1}{\gamma_{oc}} + \frac{n}{\gamma_{og}} \right)} = \frac{1000}{147 * \left( \frac{1}{1250} + \frac{10.5}{1520} \right)} = 0.882$$

- مصروف الإسمنت:

$$C' = \frac{\beta * V_{bm}}{1000} * C = \frac{0.882 * 500}{1000} * 147 = 65 \text{ kg}$$

- مصروف البحص:

$$G' = \frac{\beta * V_{bm}}{1000} * G = \frac{0.882 * 500}{1000} * 147 * 10.5 = 680 \text{ kg}$$

حيث:  $V_{bm}$  حجم وعاء الجباله.

وبالأخذ بعين الاعتبار القيمة الكبيرة لمعامل خروج البيتون ينصح بتخفيض مصرف المواد لخلطة واحدة بمقدار 15-20 %.

المسألة رقم 133:

احسب معامل خروج البيتون كبير المسامات إذا علمت أن تركيب هذا البيتون حجماً 1: n يساوي 10: 1 مصروف الإسمنت  $120 \text{ kg/m}^3$ ، الوزن الحجمي للإسمنت  $1210 \text{ kg/m}^3$ .

الحل:

$$\beta = \frac{V_b}{V_c(1+n)} = \frac{1000}{\frac{C}{\gamma_{oc}}(1+n)} = \frac{1000}{\frac{120}{1.21}(1+10)} = 0.916$$

### 4.3 الخلطة البيتونية

#### خواص التشكل والكثافة

المسألة رقم 134:

خلطة بيتونية ذات وزن حجمي  $\gamma_{obM} = 2420 \text{ kg/m}^3$  والنسبة المائية الإسمنتية  $W/C = 0.5$  لها التركيب الوزني  $X:Y$  التالي: 1: 2: 4 حيث يمثل الرقم 1 الإسمنت و  $X$  الرمل و  $Y$  البحص. الأوزان الحجمية ( $\text{kg/L}$ ): للإسمنت  $\gamma_{OC} = 1.3$  للرمل  $\gamma_{OS} = 1.56$  للبحص (الزلط)  $\gamma_{OG} = 1.5$  والأوزان النوعية ( $\text{kg/L}$ ): للإسمنت  $\gamma_C = 3.1$  وللرمل  $\gamma_S = 2.65$  وللبحص (الزلط)  $\gamma_G = 2.6$ .

أوجد معامل توسيع الفراغات للبحص (الزلط) التي تتوسع بتأثير المونة الإسمنتية الرملية التي تستقر بين فراغات البحص حيث يسمى أيضاً هذا المعامل (معامل التوسيع بالمونة).

الحل: إن معامل توسيع فراغات البحص هو نسبة الحجم المطلق للمونة الإسمنتية الرملية في البيتون ( $V_R^a$ ) إلى حجم فراغات البحص (الحصى الكبيرة) ( $V_P$ )، حيث يشكل ( $V_R^a$ ) مجموع الحجم المطلق للإسمنت والرمل والماء:

$$V_R^a = V_C^a + V_S^a + W$$

- مصروف الإسمنت:

$$C = \frac{\gamma_{obM}}{1 + X + Y + \frac{W}{C}} = \frac{2420}{1 + 2 + 4 + 0.5} = 323 \text{ kg}$$

- مصروف الماء:

$$W = C * \frac{W}{C} = 0.5 * 323 = 161.5 \text{ L/m}^3$$

- مصروف الرمل:

$$S = X * C = 2 * 323 = 646 \text{ kg/m}^3$$

- مصروف البحص:

$$G = Y * C = 4 * 323 = 1292 \text{ kg/m}^3$$

$$\Rightarrow V_R^a = \frac{C}{\gamma_c} + W + \frac{S}{\gamma_s} = \frac{323}{3.1} + 161.5 + \frac{646}{2.65} = 519.3L$$

- فراغات البحص (الحصى الكيرة)  $P_G$ :

$$P_G = \frac{\gamma_G - \gamma_{OG}}{\gamma_G} = \frac{2.6 - 1.5}{2.6} = 0.422\%$$

- حجم الفراغات في البحص (الحصى الكيرة):

$$V_P = P_{OG} * \frac{G}{\gamma_{OG}} = \frac{1292}{1.5} * 0.422 = 363.7L$$

ومنه معامل توسيع الفراغات "معامل تحريك الحبات"  $a$ :

$$\alpha = \frac{V_R^a}{V_P} = \frac{519.3}{363.7} = 1.42$$

### المسألة رقم 135:

كان مصروف المواد من أجل  $1m^3$  من الخلطة البيتونية كالتالي: الإسمنت:  $C = 300kg$ ، الرمل  $S = 685 kg$ ، البحص  $G = 1200 kg$ . فإذا علمت أن الوزن النوعي  $(kg/L)$ : للإسمنت 3.1 وللرمل 2.65 وللبحص 2.61. فاحسب معامل الاكتناز للخلطة البيتونية.

الحل: يمكن تعريف معامل الاكتناز الحقيقي بأنه: النسبة بين الوزن الحجمي الفعلي المحدد بالتجارب للخلطة البيتونية وبين الوزن الحجمي المحدد نظرياً (حسابياً) لهذه الخلطة ويرمز له  $K_{PR}$ .

- عامل الاكتناز النظري: هو مجموع الحجم المطلق للمواد المكونة لمقدار  $1m^3$  من الخلطة البيتونية منسوباً إلى حجم الخلطة مع الفراغات.

ومنه  $\Leftarrow$  مجموع الحجم المطلق للمواد المكونة لمقدار  $1m^3$  من الخلطة البيتونية:

$$V_b^a = V_c^a + V_w + V_s + V_G^a = \frac{300}{3.1} + 165 + \frac{685}{2.65} + \frac{1200}{2.61} = 979L$$

$$K_{PR} = \frac{V_b^a}{1000} = \frac{979}{1000} = 0.979$$

### المسألة رقم 136:

ثلاث خلطات بيتونية مختلفة تركيبها  $1: X: Y: W/C$  :

الخلطة الأولى: 1: 1.5: 2.5: 0.4

الخلطة الثانية: 1: 2: 3: 0.5

الخلطة الثالثة: 1: 2: 4: 0.55

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطات الثلاث  $2400 \text{ kg/m}^3$  وقد استخدمت

لتحضيرها نفس المواد، فأبي الخلطات الثلاث أسهل في الصب؟

الحل: إن أسهل الخلطات في الصب هي الخلطة الحاوية على أكبر كمية ماء.

- لتحديد كمية الماء في  $1 \text{ m}^3$  من الخلطة البيتونية المرصودة نستخدم العلاقة:

$$W = \frac{\gamma_{\text{obM}}}{1 + X + Y + W/C} * W/C$$

وبالتعويض لكل خلطة على حدة نحصل على:

$$W_1 = \frac{2400}{5.4} * 0.4 = 178 \text{ L} \quad \text{كمية الماء في الخلطة الأولى:}$$

$$W_2 = \frac{2400}{6.5} * 0.5 = 185 \text{ L} \quad \text{كمية الماء في الخلطة الثانية:}$$

$$W_3 = \frac{2400}{7.55} * 0.55 = 175 \text{ L} \quad \text{كمية الماء في الخلطة الثالثة:}$$

تبين أن الخلطة الثانية هي الأسهل في الصب لأنها تحتوي على كمية الماء الأكبر.

1 - ترمز للإسمنت C.

X - ترمز للرمل S.

Y - ترمز للبص G.

إذاً يتم تقسيم الوزن الحجمي  $\gamma_{\text{obM}}$  للخلطة البيتونية على مجموع نسب المواد المكونة

لهذه الخلطة فنحصل على وزن الإسمنت. وبضرب الناتج بالعلاقة  $W/C$  نحصل على مصروف

الماء.



### المسألة رقم 137:

تم حقن خلطة بيتونية بمادة ملدنة وتم الوصول إلى الطراوة (هبوط المخروط) المطلوبة بمصرف ماء  $W = 135 \text{ L/m}^3$  وكان تركيب خلطة أخرى لنفس هبوط المخروط دون ملدن كما يلي:

$$C = 1 : S = 2 : G = 4 : W/C = 0.5$$

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة المرصودة  $\gamma_{obM} = 2200 \text{ kg/m}^3$  وماركة الإسمنت المستخدم  $F_C = 400 \text{ kg/cm}^2$  ومعامل جودة الحصويات  $A = 0.6$  - فاحسب فعالية الملدن في الاقتصاد في الإسمنت بالكغ للمتر المكعب وبالنسبة المئوية % عند قيمة ثابتة لـ  $W/C$ .

- فعالية هذا الملدن من حيث ارتفاع قيمة المقاومات للبيتون بعمر 28 يوماً.

الحل: - مصرف الماء دون ملدن:

$$W = \frac{\gamma_{obM}}{1 + X + Y + \frac{W}{C}} * \frac{W}{C} = \frac{2200}{1 + 2 + 4 + 0.5} * 0.5 = 147 \text{ L/m}^3$$

- يمكن حساب الاقتصاد في الإسمنت وذلك كما يلي:

$$\Delta C = \frac{\Delta W}{\frac{W}{C}} = \frac{147 - 135}{0.5} = 24 \text{ kg/m}^3$$

إذاً: إذا ما تم إنقاص كمية الماء نظراً لوجود الملدن وللمحافظة على قيمة ثابتة للنسبة

$W/C$  يمكن اقتصاد كمية 24 kg من الإسمنت في كل  $1 \text{ m}^3$  بيتون.

$$\text{أو بالنسبة المئوية: } \frac{24}{C} * 100 = \frac{24}{294} * 100 = 8\%$$

حيث تم حساب C:

$$C = \frac{2200}{1 + 2 + 4 + 0.5} \approx 294 \text{ kg/m}^3$$

- التغير في متانة البيتون:

إذا ما تم حساب المقاومة نظرياً بالحفاظ على قيمة ثابتة للنسبة  $W/C$  ودون إضافة مادة

ملدنة:

$$f_{b(28)} = 0.6 * f_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) = 360 \text{ kg/cm}^2$$

حيث نعوض هنا قيمة  $W = 147 \text{ L}$ .

– وإذا ما تم حساب المقاومة نظرياً بوجود الملدن:

$$f_{b(28)} = 0.6 f_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) = 400 \text{ kg/cm}^2$$

حيث يتم تعويض قيمة  $W = 135 \text{ L}$ .

فإذا ما تم اعتبار أن المتانة بنسبة 100% تساوي 360 نبين أن المقاومة الجديدة (بشبات

مصروف الإسمنت) تساوي 111% أو:

$$\Delta f_b = \frac{400 - 360}{360} * 100 = 11\%$$

حيث تمثل 11% مقدار الزيادة في المتانة إذا لم تسحب كمية الإسمنت التي يمكن

اقتصادها.

### المسألة رقم 138:

بيتون إسمنتي تركيبه  $W/C : Y : X : 1$  كما يلي  $0.5 : 4 : 2 : 1$  وزناً وكانت عملية

تصلب هذا الحجر البيتوني قد تمت في ظروف خاصة تمنع تبخر أو تسرب ماء الخلط إلى الخارج.

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة المرتصة  $\gamma_{obM} = 2200 \text{ kg/m}^3$  وأن درجة نمية

الإسمنت بعمر 7 أيام هي  $\alpha_7 = 0.5$  وبعمر 28 يوماً هي  $\alpha_{28} = 0.8$  والمعامل الذي يمثل

كمية الماء اللازمة لربط  $1 \text{ kg}$  من الإسمنت كيميائياً يساوي 0.23، فاحسب الرطوبة %

والوزن الحجمي للبيتون بعمر 7 أيام وعمر 28 يوماً من التصلب.

الحل: – إن كمية الماء اللازمة لتفاعل الإسمنت (حلمهة الإسمنت):

$$W = \frac{\gamma_{obM}}{1 + X + Y + \frac{W}{C}} * \frac{W}{C} = \frac{2200}{7.5} = 147 \text{ L}$$

– كمية الإسمنت المستخدمة:

$$C = \frac{W}{\frac{W}{C}} = \frac{147}{0.5} = 294 \text{ kg/m}^3$$

- وزن الماء المرتبط كيميائياً (الداخل في تفاعل الإسمنت) بعمر 7 أيام:

$$W_7 = 0.23 * \alpha * C = 0.23 * 0.5 * 294 = 34L$$

- وزن الماء المرتبط كيميائياً (الداخل في تفاعل الإسمنت) بعمر 28 يوماً:

$$W_{28} = 0.23 * \alpha * C = 0.23 * 0.8 * 294 = 54kg$$

- الوزن الحجمي للبيتون الجاف:

$$\gamma_{ob(7)} = (2200 - 147) + 34 = 2087kg/m^3$$

$$\gamma_{ob(28)} = (2200 - 147) + 54 = 2107kg/m^3$$

رطوبة البيتون %:

$$W'_{b(7)} = \frac{147 - 34}{2087} * 100 = 5.4\%$$

$$W'_{b(28)} = \frac{147 - 54}{2107} * 100 = 4.4\%$$

المسألة رقم 139:

خلطة بيتونية مكونة من أجل 1m<sup>3</sup> تساوي:

$$W = 200kg; G = 1200kg; S = 450kg; C = 300kg$$

$$\gamma_{oc} = 13gr/cm^3, \gamma_c = 3gr/cm^3, \gamma_{os} = 16gr/cm^3, \gamma_s = 26gr/cm^3, \gamma_{OG} = 14gr/cm^3,$$

$$\gamma_G = 265gr/cm^3,$$

ومعامل توسيع الفراغات للبحص:  $a = 1.2$ .

فاحسب معامل الاكتناز الذي يميز الكثافة (البيتونية) أي الوزن الحجمي للخلطة البيتونية،

وبين ما هي الطريقة لرفع قيمة هذا العامل.

الحل: معامل الاكتناز يحسب من العلاقة:

$$K = \frac{\frac{C}{\gamma_c} + \frac{S}{\gamma_s} + \frac{G}{\gamma_G} + \frac{W}{\gamma_{H2O}}}{1000} = \frac{\frac{300}{3} + \frac{450}{2.6} + \frac{1200}{2.65} + \frac{200}{1}}{1000} = 0.928$$

والآن يجب تحديد درجة امتلاء الحجم بين حبات البحص مع الأخذ بعين الاعتبار معامل

توسيع الفراغات لتتوضع داخلها اللونة الإسمنتية الرملية ذات الحجم  $V_{CSM}$  أي يجب التحقق

من المساواة التالية:

$$(1) \quad V_{CSM} \geq \frac{G}{\gamma_{OG}} * V_p * \alpha$$

حيث:  $V_p$  نسبة الفراغات في البحص ومنه:

$$\frac{300}{3} + \frac{200}{1} + \frac{450}{2.6} \geq \frac{1200}{1.4} \left(1 - \frac{1.4}{2.65}\right) * 1.2 \Rightarrow 473 < 483$$

وهذا يعني أن العلاقة (1) غير محققة. وهنا يتبين أن كمية المونة الإسمنتية الرملية لا تكفي للماء الفراغات بين حبات البحص. وهذا يعني أنه لرفع قيمة معامل الاكتناز لابد من تغيير تركيب البيتون وذلك بزيادة كمية الرمل قليلاً. ولكن يجب التفكير بطرق أخرى لرفع قيمة K دون زيادة كمية الرمل لأن ذلك يستدعي زيادة مصروف الماء وهذا يتطلب زيادة في مصروف الإسمنت للمحافظة على المقامات المطلوبة (28)  $f_c$  والإبقاء على العلاقة  $W/C$  ثابتة.

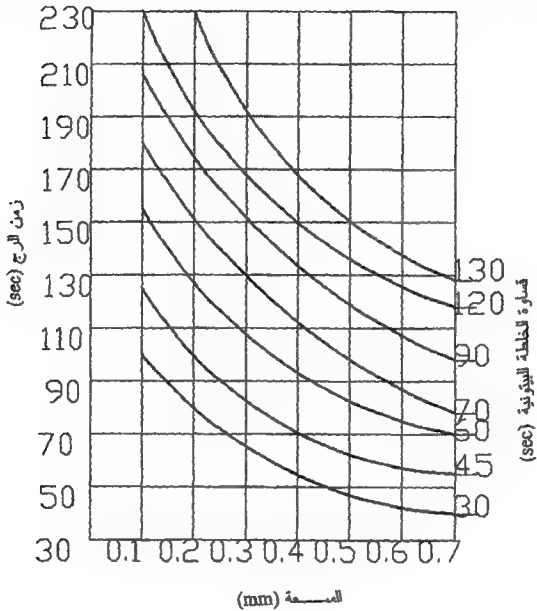
ويمكن تغيير قيمة K ورفعها بتغيير حجم الفراغات من خلال الوصول إلى تدرج حبي للبحص وتقريبه ما أمكن من النظامي. ولذلك يصنف البحص إلى مجموعات حسب أبعاد حباته يتم على إثرها اختيار تدرج مناسب ليناسب أصغر حجم للفراغات بين حبات البحص المذكور.

#### المسألة رقم 140:

من أجل الحصول على أفضل النتائج لرفع الكثافة والمقاومة وتقليل نسبة الفراغات وتحسين خواص البيتون يتم رج البيتون ميكانيكياً بواسطة رجاج ذي تردد 2800 هزة/دقيقة فإذا علمت أن سعة الهزة 0.35mm فاحسب الزمن المثالي لرج خلطة بيتونية ذات قساوة بقيمة 70 sec لماذا الرجاج.

الحل: يمكن حساب زمن الرج اللازم لتردد يساوي 2800 هزة/دقيقة بشكل تقريبي بالعودة إلى الشكل (17) وبعدها يجب التأكد بشكل تجريبي. وفي هذه المسألة فإن الزمن اللازم للرج لخلطة ذات قساوة 70sec كما هو موضح على الشكل (17) يساوي 100sec انطلاقاً

من سعة الهزة بالمليمتتر وبالأخذ بالاعتبار قساوة الخلطة.



الشكل (17) علاقة زمن الرج بسعة الاهتزاز لتردد يساوي 2800 هزة/دقيقة

#### المسألة رقم 141:

لتصميم  $1\text{m}^3$  من البتون باستخدام إحصارات عادية وإسمنت ماركة 400 تبين أنه يلزم ما يلي: إسمنت  $C=300\text{ kg/m}^3$ ، رمل  $S=600\text{ kg/m}^3$ ، بحص  $G=1200\text{ kg/m}^3$ ، ماء  $W=178\text{ L}$ .

وبالتجربة تبين أن حقن هذه الخلطة بمادة ملدنة بنسبة 0.2% من وزن الإسمنت (نفايات الصناعات الكحولية (الكيرتيت الكحولي)) يخفض مصروف الماء بكمية 16L وذلك مع المحافظة على نفس الخواص الحركية للخلطة.

فإذا علمت أن كمية 10% فقط من الماء تدخل في التفاعل الكيميائي لتفاعل الاسمنت بالماء أثناء تصلب الببتون فاحسب:

- درجة ارتفاع (تحسين) الكثافة للببتون عند انخفاض مصروف الماء.
- ما هو مقدار ارتفاع مقاومة الببتون (ماركته) عند ازدياد (ارتفاع) نسبة الماء إلى الإسمنت ؟ W/C

الحل: أولاً: نبين خواص الببتون دون ملدن:

- الوزن الحجمي  $\gamma_{ob}$ :

$$\gamma_{ob} = 300 + 600 + 1200 + 178 = 2278 \text{ kg/m}^3$$

- وحجم الفراغات الناتج عن تبخر الماء غير المتفاعل  $V_p$ :

$$V_p = 178 - (178 * 0.1) = 160.2 \text{ L}$$

وهذا يشكل مسامات في الببتون نتيجة تبخر الماء الزائد بنسبة:

$$P_o = \frac{160.2}{2278} * 100 = 7.1\%$$

- مقاومة الببتون التصميمية:

$$F'_{b28} = 0.6 * 400 \left( \frac{300}{178} - 0.5 \right) = 298 \text{ kg/cm}^2$$

والآن خواص الببتون مع الملدن (الكيرتيت الكحولي):

- الوزن الحجمي  $\gamma_{ob}$ :

$$\gamma_{ob} = 2278 - 16 = 2262 \text{ kg/m}^3$$

- حجم الفراغات الناتجة عن تبخر الماء الزائد:

$$V_p = 162 - 16.2 = 145.8 \text{ L}$$

- ومنه المسامات الناتجة عن تبخر الماء كنسبة مئوية:

$$P_o = \frac{145.8}{2262} * 100 = 6.44\%$$

- مقاومة البيتون التصميمية:

$$F_{b28} = 0.6 * 400 \left( \frac{300}{162} - 0.5 \right) = 325 \text{ kg/cm}^2$$

وتبين بوضوح أن مسامية البيتون نتيجة لتبخّر الماء الزائد قد انخفضت بنسبة 9% وأن المقاومة التصميمية للبيتون قد ارتفعت (ازدادت) بنسبة 8%.

#### المسألة رقم 142:

في معمل البيتون مسبق الصنع يتم الصب بقوالب بمجهزة برجاجات. وكان عنصر من البيتون المسلح (جدار) قد تعرض للرج أثناء صبه من خلال رجّاج مسبق الاهتزاز  $A = 0.5 \text{ mm}$  وتردد اهتزاز  $n = 3000$  هزة/دقيقة.

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة البيتونية  $\gamma_{obM} = 2300 \text{ kg/m}^3$  وسماكة العنصر (الجدار)  $0.25 \text{ mm}$  وإن الضغط أثناء تصنيع القطعة هو  $q = 100 \text{ gr/cm}^2$ .

فاحسب قيمة الضغط الأعظمي الناتج عن الرج والأوزان في جسم البيتون ضمن القالب (حيث ترتفع الكثافة وتحسن الخواص تحت تأثير هذا الضغط المتولد في العنصر البيتوني أثناء صنعها).

الحل: إن قيمة الضغط الأعظمي الذي يؤدي إلى ارتفاع كثافة البيتون هو مجموع الضغط الناتج عن وزن البيتون (سماكته) في القالب - الوزن الإضافي  $q$  وعن الضغط الناجم عن استخدام الرجاجات (الاهتزازات) أي:

$$F_{\max} = \gamma_{obM} * h + q + \frac{\gamma_{obM}}{g} * Aw^2$$

حيث:  $w$  السرعة الزاوية للاهتزازات الدورانية

$$Aw^2 = 0.01 An^2 \text{ cm/sec}^2 \text{ سارع الاهتزاز المساوي:}$$

$$g = 981 \text{ cm/sec}^2 \text{ التسارع النابذي}$$

ومنه:

$$F_{\max} = \gamma_{obM} * h + q + \frac{\gamma_{obM} * 0.01 An^2}{g} = 2.3 * 25 + 100 + \frac{2.3 * 25 * 0.01 * 0.05 * 300}{981} = 383 \text{ g/cm}^2$$

### المسألة رقم 143:

إذا علمت أن تصنيع الأنابيب البيتونية المسلحة لزوم تمديدات المياه المألحة بين المدن والمحطات والمصببات يتم بطريقة الطرد المركزي. وقد تم تصنيع أنابيب من البيتون المسلح بقطر داخلي  $d_h = 1000\text{mm}$  وسماكة جدار الأنبوب  $65\text{mm}$  من البيتون الثقيل ذي الوزن الحجمي  $\gamma_{ob} = 2400\text{kg/m}^3$ . فاحسب: العدد الأدنى لدورات الجهاز الحامل للقالب لتصنيع الأنبوب والتي توفّر التوزيع الجيد للخلطة والكثافة الجيدة في عملية الطرد المركزي لتشكيل الأنبوب.

الحل: إن العدد الأدنى لدورات الجهاز الحامل للقالب صنع الأنابيب البيتونية والبيتونية المسلحة في الطور الأول من التصنيع أي طور توزع الخلطة البيتونية في داخل وأطراف القالب ونرمز له  $n_{min}$  يجب أن تحسب من خلال تحقيق شرط مفاده أن قوة الطرد المركزي في أعلى نقطة من القالب أثناء الدوران يجب أن تكون أكبر من وزن حبات ومكونات الخلطة البيتونية أي:

$$MRw^2 > Mg \quad (\text{المرجع 1 والمرجع 6 والمرجع 7})$$

$$Rw^2 > g \quad \text{أو}$$

حيث:  $M$  كتلة (وزن) الخلطة البيتونية في أعلى نقطة من القالب.

$R$  نصف القطر للأنبوب من المركز وإلى أبعد نقطة خارجية منه أي نصف القطر

الخارجي للأنبوب.

ومنه:

$$R = \frac{1000 + (65 \times 2)}{2} = 565\text{mm} = 56.5\text{cm}$$

$$w = \frac{2\pi \cdot n_{min}}{60} \quad \text{السرعة الزاوية}$$

$$g = R \left( \frac{2\pi \cdot n_{min}}{60} \right)^2$$

$$g = 981\text{cm/sec}^2$$

ومنه:



$$n_{\min} = \sqrt{\frac{60^2 * 981}{56.5 * 4 * 3.14^2}} = 40 \text{ دورة/دقيقة (المرجع 3 والمرجع 5)}$$

ويمكن أيضاً حساب  $n_{\min}$  من المعادلة:

$$n_{\min} = 42 \sqrt{\frac{1}{r}} \quad (\text{المرجع 3})$$

حيث:  $r$  القطر الداخلي للأنبوب مقدراً بالمتر.

$$n_{\min} = 42 \sqrt{\frac{1}{1}} = 42 \text{ دورة/دقيقة}$$

ولكن وباعتبار أن الزوجة للخلطة البيتونية يمكن أن تكون أكبر أو أقل من التصميمية وذلك لأسباب تنفيذية وأيضاً لأسباب أخرى عديدة يتم عادة مضاعفة عدد الدورات مرتين ضعف العدد الحسابي أي تصبح من 80 إلى 150 دورة، وكلما كان قطر الأنبوب المصنع أصغر كان عدد الدورات اللازمة للتصنيع أكبر.  
إن قيمة قوة الطرد المركزية (القوة النابذة) واللازمة لتحقيق الكثافة الضرورية للخلطة البيتونية هي:

$$F = \frac{0.0236}{265} * A \left( \frac{n_p}{100} \right)^2 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{المرجع 3})$$

حيث:  $n_p$  عدد دورات القالب المعدني الخاص بتصنيع الأنابيب في الدقيقة وذلك أثناء عملية التصنيع.

وفي حال استخدام خلطة بيتونية ذات وزن حجمي يختلف عن  $2400 \text{ kg/m}^3$  زيادة أو نقصاناً تصبح العلاقة:

$$F = \frac{\gamma_{ob} * 9.87}{265} * A \left( \frac{n_p}{100} \right)^2 \text{ kg/cm}$$

حيث:  $\gamma_{ob}$  الوزن الحجمي للخلطة البيتونية  $\text{kg/m}^3$ .

$$A = R^2 - \frac{r^3}{R} = (56.5)^2 - \frac{50^3}{56.5} = 991$$

ويجب أن تتراوح قيمة قوة الطرد المركزي بين  $(0.7 - 1.5) \text{ kg/cm}^2$  فإذا ما اعتمدت  $F = 1.2 \text{ kg/cm}^2$  يصبح:

$$n_p = 100 \sqrt{\frac{265 \cdot 1.2}{0.0236 \cdot 991}} = 369 \text{ دورة/دقيقة}$$

كما أن زمن الارتصاص بالدوران يشكل % (70-80) من كامل الوقت اللازم للتصنيع بالطرد المركزي حيث يحتاج توزيع الخلطة بشكل أقرب إلى المنتظم إلى % (20-30) من كامل الوقت.

#### 4.4 تصلب البيتون

##### المسألة رقم 144:

إذا علمت أن تركيب البيتون ذي الرقم 1:

إسمنت 320 kg، رمل 650 kg، بحص 300 kg، ماء 200 L، وذلك من أجل  $1 \text{ m}^3$ .

وتركيب البيتون رقم 2:

نفس التركيب ولكن الماء أقل بـ 40 L عن التركيب السابق أي  $160 \text{ L/m}^3$ .

فاحسب تأثير انخفاض كمية الماء على مسامية البيتون في نفس اللحظة التي يجري فيها تفاعل الإسمنت والماء لنوعي البيتون اللذين تكون فيهما نسبة الماء المتفاعل هي 20% فقط من وزن الإسمنت وباقي كمية الماء تتبخر.

الحل: النسبة المئوية للإسمنتية W/C للبيتون رقم 1:

$$(W/C)_1 = 0.626$$

النسبة المئوية للإسمنتية (W/C) للبيتون رقم 2:

$$(W/C)_2 = 0.5$$

الوزن الحجمي للخلطة البيتونية الطازجة:

$$(\gamma_{ob})_1 = 320 + 650 + 1300 + 200 = 2470 \text{ kg/m}^3$$

الوزن الحجمي للبيتون رقم 2 وهو أقل بـ 40 kg:  $(\gamma_{ob})_2 = 2430 \text{ kg/m}^3$

- نحسب الأوزان الحجمية للبيتون المتصلب:

- للبيتون رقم 1:

$$(\gamma_b)_1 = 320 + 650 + 1300 + 0.2 \cdot 320 = 2334 \text{ kg/m}^3$$

- للبيتون رقم 2:

$$(\gamma_b)_2 = 320 + 650 + 1300 + 0.2 * 320 = 2334 \text{ kg/m}^3$$

فتكون مسامية البيتون المتشكلة نتيجة لتبخّر الماء للبيتون رقم 1:

$$P_1 = \frac{2470 - 2334}{2470} * 100 = 5.5\%$$

للبيتون رقم 2:

$$P_2 = \frac{2430 - 2334}{2430} * 100 = 3.95\%$$

وهكذا نبين أنه عند انخفاض مصروف الماء بنسبة 20% فإن مسامية البيتون الناتجة عن تبخّر الماء تنقص بمقدار 1.55%.

#### المسألة رقم 145:

احسب العلاقة المائية الإسمنتية W/C لبيتون لتحضيره من أجل تصنيع عنصر إنشائي هام حيث يجب أن تكون الخلطة قليلة اللزوجة (هبوط المخروط صغير) والمواد المستخدمة حصويات عالية الجودة وإسمنت بورتلاندي ماركة 600 بحيث يحقق هذا البيتون مقاومة على الضغط بعمر ثلاثة أيام لاتقل عن  $F = 150 \text{ kg/cm}^2$ .

الحل:

$$F_{b,28} = F_{b,3} \frac{\lg 28}{\lg 3} = 150 * \frac{1.447}{0.478} = 454 \text{ kg/cm}^2$$

$$W/C = \frac{0.65 F_c}{F_{b,28} + 0.65 * 0.5 F_c} = \frac{0.65 * 600}{454 + 0.325 * 600} = 0.6$$

وعلى اعتبار أن الظروف المناخية في المنطقة العربية بشكل عام وسورية خاصة تتميز بالاعتدال، فلن يتم التركيز على هذا الباب في هذا الفصل من حيث درجات حرارة تفاعل الإسمنت وحرارة الخلطات البيتونية والبيتون والمعاملة الحرارية للخلطات البيتونية أثناء تصنيع العناصر في معامل مسبق الصب أو في المواقع التنفيذية (المشاريع).

## 4.5 خواص البيتون

### المسألة رقم 146:

بينت نتائج اختبارات مجموعة من المكعبات بقياس  $15 \times 15 \times 15$  cm محضرة من البيتون الثقيل بعمر 20 يوماً من التصلب في الظروف الطبيعية أن متوسط الحمولة الكاسرة  $P = 90000$  kg وقد حضر البيتون من مواد جيدة.

- احسب ماركة البيتون (حد المتانة على الضغط).

- ارسم منحني ارتفاع قيم المقاومات مع الزمن للبيتون بعمر ثلاثة، ستة، تسعة أشهر، وكذلك 12 شهراً. واعرض هذه المقاومات كنسبة مئوية من ماركة البيتون.

الحل: إن ماركة البيتون يجب أن تتحدد من خلال اختبار عينات مكعبية بأبعاد  $20 \times 20 \times 20$  cm على الضغط وذلك بعمر 28 يوماً من التصلب في الشروط النظامية. ولكن ولظروف تنفيذية يمكن أحياناً أن تستخدم عينات مكعبية بأبعاد تختلف عن المذكورة أعلاه حيث يتعلق بعد ضلع المكعب  $h$  بأبعاد أكبر حبات البحص (a) المستخدمة. وللحصول على الماركة الصحيحة يتم تصحيح القيم للمكعبات البيتونية بالأبعاد الأخرى باستخدام معاملات تصحيح K وفق ما يلي:

لأبعاد حبات البحص أو الزلط  $K = 0.85 \Leftarrow h = 10 \text{ cm} \Leftarrow a \leq 30 \text{ mm}$

لأبعاد حبات البحص أو الزلط  $K = 0.9 \Leftarrow h = 15 \text{ cm} \Leftarrow a \leq 40 \text{ mm}$

لأبعاد حبات البحص أو الزلط  $K = 1.0 \Leftarrow h = 20 \text{ cm} \Leftarrow a \leq 60 \text{ mm}$

لأبعاد حبات البحص أو الزلط  $K = 1.1 \Leftarrow h = 30 \text{ cm} \Leftarrow a > 60 \text{ mm}$

وإذا كان زمن التصلب  $n$  يوماً وكانت قيمة  $n$  أكبر أو أصغر من 28 يوماً فإن مقاومة البيتون بعمر 28 يوماً تحسب بالعلاقة:

$$F_{28} = F_n \frac{\lg 28}{\lg n}$$

حيث:  $F_n$  متانة البيتون بعد  $n$  يوماً من التصلب وتستخدم هذه العلاقة فقط لأنواع البيتون الثقيل للإسمنت البورتلاندي وفقط إذا كانت  $n \geq 3$  يوماً.

وفي هذه المسألة:

$$F_{20} = \frac{P}{S} * K = \frac{90000}{15*15} * 0.9 = 360 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow F_{28} = 360 \frac{\lg 28}{\lg 20} = 360 \frac{1.44716}{1.30102} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

وهذه هي ماركة البيتون.

#### المسألة رقم 147:

ما هي ماركات البيتون الثقيل التي يمكن الحصول عليها من استخدام إسمنت بورتلاندي بماركات (300, 400, 500, 600) لنفس مصروف الإسمنت  $300 \text{ kg/m}^3$  وطراوة محددة من خلال هبوط المخروط 4cm وجميع الحصىات جيدة ومن مقلع واحد وأبعاد أكبر حبات البحص 80mm.

الحل: بالعودة للشكل (12) لإيجاد مصروف الماء من أجل هبوط المخروط 4cm وأبعاد حبات الحصىات 80mm تبين أن مصروف الماء هو:  $150 \text{ L/m}^3$ . ومنه فإن العلاقة المائية

$$\text{الإسمنتية } \frac{W}{C} = 0.5 \text{ ومقلوها } \frac{C}{W} = 2.$$

ومن اشتراطات المسألة وباستخدام العلاقة  $F_b = 0.6 * F_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right)$

لقيمة  $F_c = 300 \text{ kg/cm}^2$  تبين أن  $F_b = 270 \text{ kg/cm}^2$ .

وهكذا وبالتعويض بالعلاقة السابقة:

$$\text{عند } F_b = 360 \text{ kg/cm}^2 \Leftrightarrow F_c = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{وعند } F_b = 450 \text{ kg/cm}^2 \Leftrightarrow F_c = 500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{وعند } F_b = 540 \text{ kg/cm}^2 \Leftrightarrow F_c = 600 \text{ kg/cm}^2$$

#### المسألة رقم 148:

لتحضير البيتون الثقيل استخدمت حصىات عالية الجودة وإسمنت بورتلاندي ماركة 500. - ما هي ماركات البيتون (حد المثانة على الضغط لعينات نظامية بعمر 28 يوماً) التي يمكن الحصول عليها وذلك لقيم  $W/C = 0.35, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7$ .

- ارسم المنحني البياني لعلاقة مقاومة البتوت لقيم W/C وكذلك لعلاقة متانة البتوت بقيم C/W.

الحل: عند قيمة W/C = 0.35 نحسب:

$$F_b = 0.43 * F_c \left( \frac{C}{W} + 0.5 \right) \Rightarrow F_b = 0.43 * 500 \left( \frac{1}{0.35} + 0.5 \right) = 722 \text{ kg/cm}^2$$

- حيث 0.43 معامل جودة الحصىات ويتغير هذا المعامل أيضاً طبقاً لقيمة C/W.

- وعندما تكون قيمة  $W/C \geq 0.4$  تتغير العلاقة السابقة  $F_b$  لتصبح:

$F_b = 0.65 F_c (C/W - 0.5)$  وبحل هذه المعادلة في كل مرة لقيمة W/C ينتج:

$$F_b = 650 \quad \Leftarrow \quad W/C = 0.4 \quad \text{عند}$$

$$F_b = 487 \quad \Leftarrow \quad W/C = 0.5 \quad \text{وعند}$$

$$F_b = 380 \quad \Leftarrow \quad W/C = 0.6 \quad \text{وعند}$$

$$F_b = 304 \quad \Leftarrow \quad W/C = 0.7 \quad \text{وعند}$$

المسألة رقم 149:

تم استخدام الإسمنت البورتلاندي ماركة 400 لتحضير بتون ثقيل لعلاقة  $W/C = 0.5 = \text{const}$  ثابتة.

يؤثر تأثير جودة الحصىات على ماركة البتوت من خلال حساب مقاومات البتوت للحصىات عالية الجودة وأخرى عادية وأخرى ذات نوعية منخفضة نسبياً.

وحل هذه المسألة أيضاً لعلاقة مائية إسمنتية  $W/C = 0.35$  وبين ما هو الاستنتاج.

الحل: للحصىات عالية الجودة  $A = 0.65$  معامل جودة الحصىات نعوض:

$$F_b = A * F_c \left( \frac{C}{W} - 0.5 \right) \Rightarrow F_b = 0.65 * 400 (2 - 0.5) = 390 \text{ kg/cm}^2$$

والحصىات عادية معامل جودتها  $A = 0.6$

$$F_b = 0.6 * 400 (2 - 0.5) = 360 \text{ kg/cm}^2$$

وكذلك للحصىات ذات جودة منخفضة نسبياً ذات معامل بقيمة  $A = 0.55$  تبين:

$$F_b = 0.55 * 400(2 - 0.5) = 330 \text{ kg/cm}^2$$

وبخل هذه المسألة لعلاقة  $W/C = 0.35$  يتبين أنه وعند أية قيمة للعلاقة  $W/C$  ومهما اختلفت فإن جودة الحصىات تؤثر تأثيراً مباشراً على مقاومة البيتون (الخرسانة).

#### المسألة رقم 150:

اختر ماركة الإسمنت المناسبة لتحضير بيتون بماركة 400 استخدم فيه حصىات مقبولة الجودة إذا علمت أن قساوة الخلطة (الزمن اللازم لتأخذ الخلطة المخروطة سطحاً مستوياً) تساوي 40sec (أربعون ثانية)، وأكبر أبعاد حبات الزلط 20mm ومصروف الإسمنت  $300 \text{ kg/m}^3$ .

الحل: بالعودة للشكل (12) لحساب كمية الماء اللازمة وذلك بدلالة القساوة 40 ثانية والحصىات المستخدمة "زلط" وبذلك تقل كمية الماء بمقدار 10 لترات لكل  $1 \text{ m}^3$ . ونسبة لأبعاد حبات الزلط 20mm تبين أن كمية الماء اللازمة لهذا النوع وبهذه الشروط هي

$$W = 150 \text{ L/m}^3 \text{ تقريباً ومنه: } \frac{W}{C} = \frac{153}{300} = 0.51 \text{ وبالتالي:}$$

$$F_c = \frac{F_b}{0.6(C/W - 0.5)} = \frac{400}{0.6\left(\frac{1}{0.51 - 0.5}\right)} = 457 \text{ kg/cm}^2$$

واشارة لعدم احتواء النورمات على ماركة للإسمنت بقيمة 457 نستخدم ماركة الإسمنت 500.

#### المسألة رقم 151:

عند اختبار جائز بيتونسي بسماكة 15cm لتحديد مقاومته بواسطة جهاز الأمواج فوق الصوتية والذي أعطى أن زمن مرور النبضة  $t$  يساوي:  $t = 40 \text{ mk sec}$  (ميكروثانية). فإذا علمت أن عمر البيتون في الجائز 7 أيام وأن الزلط المستخدم عالي الجودة فما هي ماركة البيتون في هذا الجائز؟

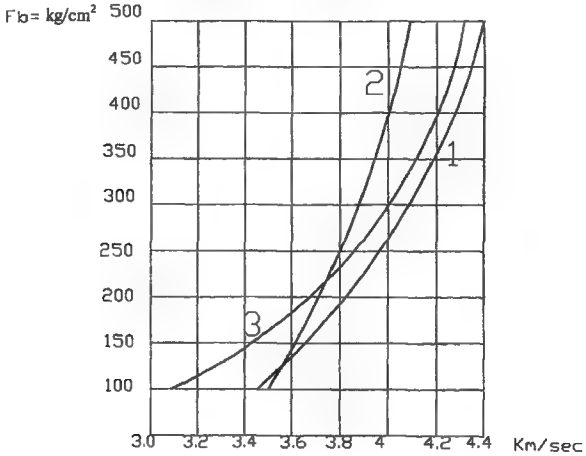
الحل: إن سرعة مرور النبضات فوق الصوتية  $(\text{km/sec})$ :

$$V = \frac{15\text{cm}}{40\text{mksec}} = \frac{15 \cdot 1000000}{100 \cdot 1000 \cdot 40} = 3.75\text{km/sec}$$

ومن الشكل (18) فإن القراءة بعمر 7 أيام أعطت  $F_{b,7} = 270\text{kg/cm}^2$  وباستخدام

العلاقة اللوغارتمية لحساب المتانة لعمر البيتون  $n$ :

$$F_{28} = F_{b,7} \frac{\lg 28}{\lg 7} = 270 \cdot \frac{1.447}{0.845} = 463\text{kg/cm}^2$$



سرعة للنبضات فوق للصوتية km/sec

الشكل (18): منحنيات علاقة النبضات بمتانة البتون على الضغط بعمر 28 يوماً 1: بيتون عظم من الزلط، 2: بيتون عظم من بحص من الصخور الكلسية، 3: بيتون لمحبويات عالية الجودة والمتانة.

المسألة رقم 152:

من أجل التأكد من مقاومة البيتون الطرقي على الشد تم أخذ جزرات بيتونية من غطاء



بيتونسي طرقي منفذ وكانت الجزرات بعرض 20cm وارتفاع 30cm وتم الاختبار على الشد بطريقة تعتمد مبدأ فلق العينة بقوتين يتم نقلهما إلى العينة بوضع قضيبين فولاديين مقطع دائري بقطر 3mm (ضغط). وبعد الاختبار تبين أن الحمولة الوسطية الكاسرة تساوي 20300kg.

والمطلوب: حدد مقاومة البيتون الطرقي على الشد.

الحل: إن طريقة فلق العينة تعطي الامكانية لتحديد مقاومة البيتون على الشد وذلك من خلال عينات أسطوانية ومن قطع بيتونية مأخوذة من أبنية وأغطية بيتونية طرقية.

ولحساب المقاومة على الشد للبيتون يمكن استخدام العلاقة:

$$R = \frac{2P}{\pi \cdot b h} \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{المراجع 6-7-1}) \text{ انظر الجدول (5) حالة الفلق للأسطوانة}$$

حيث: R حد المتانة للشد.

P الحمولة الكاسرة (حمولة الانهيار).

b, h على التوالي قطر وارتفاع العينة "الجزرة" المستخرجة من المنشأ.

وفي هذه المسألة:  $R = 22 \text{ kg/cm}^2$

انظر الجدول (5) البند الأخير - حالة الفلق -

## 4.6 الاقتصاد في الإسمنت

المسألة رقم 153:

إذا علمت أن البيتون رقم 1 قد تم تحضيره من مواد محلية وإسمنت بورتلاندي بماركة:  $550 \text{ kg/cm}^2$  وقد أعطى مقاومة بعمر 3 أيام من التصلب في الشروط العادية تساوي  $F_3^1 = 100 \text{ kg/cm}^2$ .

والبيتون رقم 2 بنفس التركيب كما هو للبيتون الأول ولكنه يحتوي على إضافة  $\text{CaCl}_2$  وقد أعطى مقاومة بعمر 3 أيام تساوي ضعفي المقاومة للبيتون الأول بنفس العمر  $F_3^1 = 200 \text{ kg/cm}^2$ .

- احسب عند أي مصروف زائد من الإسمنت من أجل  $1 \text{ m}^3$  من البيتون رقم 1 يمكن

الوصول إلى مقاومة  $200\text{kg/cm}^2$  لعمر ثلاثة أيام وذلك دون إضافة  $\text{CaCl}_2$  ولكن بإنقاص قيمة W/C مع تثبيت مصروف الماء.

الحل: نرسم أولاً للبيتون الحديد الذي يحتوي على مصروف زائد من الإسمنت برقم 3. والآن حد المقاومة على الضغط بعمر 28 يوماً للماركة للبيتون رقم 1:

$$F_{b,28}^I = F_{b,3}^I \frac{\lg 28}{\lg 3} = 100 \frac{1.44716}{0.47712} = 303\text{kg/cm}^2$$

وباستخدام نفس العلاقة لحساب حد المقاومة للبيتون رقم 3:

$$F_{b,28}^{III} = 606\text{kg/cm}^2$$

ونحدد العلاقة الإسمنتية المائية C/W من العلاقة:

$$C/W = \frac{F_{b,28} + 0.3F_c}{0.6F_c}$$

وهو للبيتون رقم 1:

$$C/W = \frac{606 + 0.3 \cdot 550}{0.6 \cdot 550} = 2.33$$

وهو للبيتون رقم 2:

$$C/W = \frac{303 + 0.3 \cdot 550}{0.6 \cdot 550} = 1.415$$

وتبين أن C/W قد ارتفعت بمقدار 1.65 مرة.

والمصروف الزائد للإسمنت إذا ما تم تثبيت كمية الماء يشكل 65% كما هو واضح.

#### المسألة رقم 154:

تم إجراء العديد من التجارب لتحديد نسبة الإضافة "الملدن" وبالنتيجة تبين أن 0.2% من وزن الإسمنت هي النسبة الأمثل من هذا الملدن وقد تم تصنيع بيتون بماركة 300 فتبين أنه ومع المحافظة على ماركة البيتون (حد المثانة على الضغط بعمر نظامي لعينات نظامية) والمحافظة على طراوة الخلطة انخفض مصروف الماء من أجل  $1\text{m}^3$  بيتون من 178 ليتر إلى 162 ليترًا بسبب وجود الملدن.

- احسب الاقتصاد في الإسمنت من أجل  $1\text{m}^3$  من البتون إذا علمت أن الحصويات عالية الجودة والعلاقة  $W/C > 0.4$ .

الحل: من أجل البتون الحاروي على الملدن (الإضافة):

$$\frac{C_2}{W_2} = \frac{F_b + 0.3F_c}{0.6F_c}$$

ومن أجل البتون دون ملدنات:

$$\frac{C_1}{W_1} = \frac{F_b + 0.3F_c}{0.6F_c}$$

وبما أن ماركة البتون نفسها مع وبلون إضافات، وكذلك ماركة الإسمنت المستخدم والعلاقة الإسمنتية المائية للنوعين: أي أن العلاقتين لهما نفس القيمة لنوعي البتون:

$$\frac{C_2}{W_2} = \frac{C_1}{W_1}$$

$$C_2 = \frac{W_2}{W_1} * C_1 = \frac{162}{178} * C_1 = 0.91C_1$$

ومن هنا: أي أن الاقتصاد في الإسمنت يساوي 9%.

مسائل غير محلولة - المونة - البتون - الاقتصاد في الإسمنت:

مسألة 81:

احسب معامل النعومة، والسطح النوعي ونسبة الفراغات لأنواع الرمال النهرية التي ترد نتائج تركيبها الحبي في الجدول رقم (33) التالي:

الوزن الحجمي $\text{g/cm}^3$	الوزن النوعي $\text{g/cm}^3$	المار من المهزة 0.14mm وزناً	انحجوز الجزئي على المهزات وزناً %						رقم الرمل
			0.14	0.315	0.65	1.25	2.5	5.0	
1550	2.67	1.1	15.1	24.6	35.5	16.4	7.3	0	رقم 1
1510	2.65	2.1	35.5	31.7	14.1	15.5	1.1	0	رقم 2
1450	2.56	0.7	9.5	6.7	45.5	34.1	3.5	5	رقم 3

### مسألة 82:

بأية نسبة يجب مزج الرمل رقم 2 مع الرمل رقم 3 وبأية نسبة يجب مزج الرمل رقم 1 مع الرمل رقم 2 للحصول على رمل مزيج يتوافق مع متطلبات تصنيع أنابيب البيتون المسلح ذات الضغط الداخلي العالي المعطاة في الجدول (24).

### مسألة 83:

لقد وضع المهندس ساروكر علاقة تعتبر مؤشراً لتقييم نوعية الرمل ويسمى هذا المؤشر معامل الفعالية  $M_{EF}$ . ويبين هذا المؤشر كمية العجينة الإسمنتية اللازمة لتغليف سطوح حبات الرمل وملء الفراغات وذلك لكمية 1kg من الرمل المدروس.

$$M_{EF} = \frac{\gamma_s - \gamma_{os}}{\gamma_s * \gamma_{os}} + 0.013 * S \quad \text{المرجع (1-2-8)}$$

حيث: S السطح النوعي للرمل المدروس  $m^2/kg$  أو  $cm^2/gr$

$\gamma_s$  الوزن النوعي للرمل المدروس  $kg/L$

$\gamma_{os}$  الوزن الحجمي للرمل المدروس  $kg/L$

والمطلوب: احسب معامل الفعالية لأنواع الرمل ذات الخواص الواردة في الجدول (33).

### مسألة 84:

احسب التركيب الأمثل للبيتون المطلوب بماركة 300 مع هبوط للمخروط  $4cm$  المواد المستخدمة إسمنت بورتلاندي ماركة 500 الوزن الحجمي للإسمنت  $\gamma_{oc} = 1300 kg/m^3$  والنوعي  $\gamma_c = 3.1 gr/cm^3$ ، الوزن الحجمي للرمل  $\gamma_{os} = 1450 kg/m^3$  والنوعي  $\gamma_s = 2.65 gr/cm^3$  ويتطلب هذا الرمل رطوبة 7%، والبحص (زلط) أبعاد أكبر حباته 40mm ذو وزن نوعي  $\gamma_G = 2.6 gr/cm^3$  ووزن حجمي  $\gamma_{OG} = 1400 kg/m^3$ .

### مسألة 85:

بعد حل المسألة رقم (84) تم تجريب البيتون ذي التركيب وفقاً لحل المسألة السابقة من خلال تصميم خلطة له بحجم 10L وتبين أن طراوة هذه الخلطة 1cm فقط وفقاً للتركيب النظري (المواد محضرة مخبرياً - تجفيف ... إلخ) ولذلك تم إضافة 10% إسمنت وماء فتم

الوصول إلى الطراوة المطلوبة (هبوط المخروط) وللتأكد من حسن التصميم وقياس الوزن الحجمي للخلطة تم ملء وعاء بحجم 5L بعد الرج جيداً على الطاولة الرجاجة. فإذا علمت أن وزن هذا الوعاء فارغاً 3kg ووزنه مع الخلطة المرصوة 14.9kg، ويمكن تدقيق مصروف الإسمنت والرمل والبص (الزلط) بالعلاقة:

$$K = \frac{k}{\sum m} * \gamma_{o.M.b}^F$$

حيث: k مصروف المادة للخلطة في ظروف المختبر مقدرة بالكغ.

$\sum m$  مصروف كافة المواد للخلطة في ظروف المختبر مقدرة بالكغ.

$\gamma_{o.M.b}^F$  الوزن الحجمي الحقيقي للخلطة البيتونية الطازجة المخضرة مقدرة  $kg/m^3$ .

استناداً لما ذكر يطلب حساب التركيب الأمثل والأدق للبيتون.

#### مسألة 86:

احسب مصروف المواد بالرطوبة الطبيعية لخلطة سيتم تحضيرها في خلطة آلية بسعة 1200L (وهو مجموع أحجام المواد التسي ستوضع 14)، إذا علمت أن رطوبة الرمل الطبيعية 4% ورطوبة البص الطبيعية 1%، وتركيب البيتون يعتمد كما هو وارد في المسألة السابقة رقم (85).

#### المسألة 87:

من أجل الحصول على بيتون مقاوم للتآكل يجب أن لاتفيد العلاقة المائية الإسمنتية عن  $W/C = 0.45$  مع الرص الجيد والعناية للحصول على أعلى كثافة ممكنة للبيتون. وتركيب البيتون كما هو في المسألة (85) ولكن لإنقاص كمية الماء تم إضافة مادة ملدنة هي نواتج الاحتراق في الأفران العالية (خبث الأفران) وهي كارهة للماء ذات وزن نوعي  $2.1gr/cm^2$ . وذلك لتأمين  $W/C$  المطلوبة دون مصروف زائد للإسمنت.

وماهي الزيادة في مصروف الإسمنت في حال لم يتم استخدام هذه الإضافة الكارهة للماء؟

#### المسألة 88:

إذا علمت أن تركيب البيتون حجماً (إسمنت، رمل، بخص) هو (1 : 1.9 : 4.1) والعلاقة

$W/C = 0.5$ ، ما هو مصروف المواد اللازم للحصول على  $150\text{m}^3$  من البتون إذا كان مصروف الإسمنت لكل  $1\text{m}^3$  من الخلطة البتونية يساوي  $355\text{kg}$ ، رطوبة الرمل 5% ورطوبة البحص 1.5%، والوزن الحجمي للإسمنت  $1300\text{kg/m}^3$  وللرمل الجاف  $1600\text{kg/m}^3$  وللبحص الجاف  $1500\text{kg/m}^3$ ؟

#### المسألة 89:

احسب الوزن الحجمي والوزن النوعي ومسامية البتون ذي التركيب 1 : 2 : 4.5 (إسمنت: رمل: بحص) عند  $W/C = 0.5$  وزناً وذلك بعد تبخر الماء الزائد، إذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة البتونية  $\gamma_{O.M.b} = 2380\text{kg/m}^3$  وأن نسبة الماء المرتبط كيميائياً 19% من وزن الإسمنت.

#### المسألة 90:

احسب بشكل تقريبي الاقتصاد في الإسمنت إذا كانت ماركة الإسمنت 350 مهبوط مخروطي 5-9cm إذا ماتم تغيير الإسمنت المستخدم من ماركة 400 إلى ماركة 500 وتحسين الرمل المستخدم بإضافة الكوارتز وبذلك تخفيض حاجته للماء من 9% إلى 6% وكذلك تغيير البحص ذي أبعاد أكبر الحبات 20mm إلى بحص ذي أبعاد أكبر الحبات 40mm وكذلك اقتصاد الإسمنت نتيجة لاستخدام السوبرملدن الذي يمكن من تخفيض مصروف الماء بنسبة 20%. وما هي الحالة من الحالات المذكورة بتحسين المواد التي يمكن من الاقتصاد في الإسمنت بالشكل الأكبر؟

#### المسألة 91:

احسب الاقتصاد في الإسمنت ماركة 400 للحصول على بتون ماركة 300 إذا ما استخدم بحص بأبعاد حبات 20mm كقياس أكبر ورمل بشرافة للماء مقدارها 7% وذلك دون إضافات.

واحسب الاقتصاد في الإسمنت إذا ما استخدمت إضافة ملدنة مقدارها يمكن من تغيير الطراوة من مهبوط للمخروط من 12cm إلى قساوة للخلطة 30sec، إذا علمت أن استخدام

المالدين خفض الماء بنسبة 12% لنفس قيمة هبوط المخروط 12cm، وخفض الماء أيضاً بنسبة 8% عند هبوط للمخروط 5cm، وخفضه بنسبة 6% عند قساوة للخلطة 30sec.

#### مسألة 92:

تم صنع بيتون باستخدام الإسمنت البورتلاندي وأعطت نتائج الاختبار بعمر 7 أيام من التصلب في الشروط النظامية حد مقاومة على الضغط 15.5MPa، وذلك لعينات مكعبية  $10 \times 10 \times 10$  cm. وقد تمت معالجة عينات من نفس البيتون فوراً بالحرارة والرطوبة فأعطت قيمة لحد المقاومة على الضغط 16.4MPa. ماهي ماركة البيتون المنتظرة، وما هي الماركة التي اكتسبها البيتون بالمعالجة بالرطوبة والحرارة، بالنسبة المئوية من الماركة الأصلية له.

#### مسألة 93:

احسب تركيب المونة البنائية المكونة من إسمنت + كلس بماركة 75 وطراوة (هبوط المخروط) 7cm، إذا ما تم استخدام إسمنت بورتلاندي بماركة 400 ذي وزن حجمي  $1250 \text{ kg/m}^3$  وعجينة كلسية ذات وزن حجمي  $1400 \text{ kg/m}^3$ ، والرمل المستخدم كوارتزوي ذي وزن حجمي  $1450 \text{ kg/m}^3$  ورطوبة طبيعية 7%.

#### مسألة 94:

ما هي الكمية التقريبية للكلس الحي ذي النشاط 85% للحصول على عجينة كلسية بوزن حجمي  $1400 \text{ kg/m}^3$  وذلك لتأمين كمية  $150 \text{ m}^3$  من المونة البنائية الحاوية على الإسمنت والكلس من ماركة 50 وذلك باستخدام الإسمنت ماركة 400 ووزن حجمي  $1200 \text{ kg/m}^3$ ؟

#### مسألة 95:

احسب مصروف العجينة الكلسية والرمل لتحضير  $50 \text{ m}^3$  من المونة المكونة من الكلس والرمل بتركيب 3.5 : 1 (حجماً) أي واحد كلس و3.5 رمل، إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل  $1450 \text{ kg/m}^3$  والوزن النوعي له  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ .





## المواد الخشبية

يستخدم الخشب في البناء بشكل واسع وذلك لمجموعة من خواصه الجيدة وأهمها المتانة المقبولة بالرغم من وزنه المتوسط، ولسهولة الحصول على الأشكال والمقاطع المطلوبة منه وكذلك لمرونته المعروفة وقابليته للعزل ولأشكاله الجميلة. ولكن هناك بعض الخواص السلبية للخشب مثل امتصاصه الكبير للماء، وإمكانية تعفنه وتعرضه للالتفاف والتقلص والتشقق نتيجة لخواصه المائية فهو يحتاج لحماية خاصة من خلال عزله بالدهانات الخاصة والمواد الراتنجية وتتراوح رطوبة الخشب بين 12% لأنواعه المقطوعة منذ مدة طويلة وحتى رطوبة 45% لبعض أنواعه المقطوعة حديثاً.

ولذلك فمن الضروري التعرف على خواصه الفيزيائية والميكانيكية والمتعلقة بشكل أساسي بتغير رطوبته ومنها:

- التقلص الحجمي  $j_k$  ويحسب بالعلاقة %:

$$j_k = \frac{V_1 - V_2}{V_2} * 100$$

حيث:  $V_1$  الحجم الولي لعينة الخشب عند رطوبته الأعلى.  
 $V_2$  الحجم الجديد لعينة الخشب بعد تجفافها طبيعياً أو صناعياً.

- معامل التقلص الحجمي للخشب  $K$  ويحسب بالعلاقة:

$$K = \frac{j_k}{w}$$

حيث:  $j_k$  التقلص الحجمي للخشب.  
 $w$  رطوبة الخشب.

- متانة الخشب على الضغط  $\sigma_n$  بجهة توضع الألياف لرطوبة  $n$ :

$$\sigma_n = \sigma_w * K + \beta * (w - 20)$$

حيث:  $\sigma_w$  حد المتانة على الضغط بجهة توضع الألياف عند رطوبة العينة في لحظة الاختبار.

$K$  معامل يتحدد وفق رطوبة الخشب وقيمه من جداول خاصة.

$\beta$  معامل ذو قيمة معروفة لأنواع الخشب وهو معامل تصحيح يتعلق بدرجة الحرارة.

$w$  رطوبة الخشب عند درجة حرارة حول  $20^\circ$  ورطوبة للهواء حول 60%.

- متانة الخشب على الانعطاف عند رطوبة معينة وتحسب بالعلاقة:

$$\sigma = \frac{PL}{bh^2} \quad \text{kg/cm}^2$$

حيث:  $P$  حمولة الانحناء لعينة الخشب المدروس.

$L$  طول عينة الخشب المختبر.

$b$  عرض العينة المختبرة.

$h$  ارتفاع العينة المختبرة.

ولكافة الاختبارات المذكورة هناك مقاسات محددة وفق الاشتراطات الخاصة باختبارات

الخشب وأهم هذه المقاسات ترد في الجدول (6).

- تغير متانة الخشب بتغير رطوبته وتحسب بالعلاقة:

$$F_{12} = F_w [1 + \alpha * (w - 12)]$$

حيث:  $F_{12}$  حد المقاومة للخشب عندما تكون رطوبته 12%،

$F_w$  حد المقاومة للخشب عند ارتفاع رطوبته بمقدار 1% وقيمه لحد المقاومة

(المتانة) على الضغط  $\alpha = 0.04$  وكذلك للانحناء الستاتيكي. وقيمة هذا المعامل في تجربة الشد

لعينة خشبية بشكل عمودي على الألياف  $\alpha = 0.01$ .

- وحساب كثافة الخشب  $\gamma_o$  (وزنه الحجمي) المتغير تبعاً لرطوبته تستخدم العلاقة:

$$\gamma_{o(12)} = \gamma_{o(w)} [1 + 0.01(1 - K)(12 - w)]$$

حيث:  $\gamma_o(12)$  الوزن الحجمي الوسطي لرطوبة قياسية معتمدة تساوي 12%.

$\gamma_o(w)$  الوزن الحجمي للخشب عند الرطوبة المدروسة.

K معامل التقصص الحجمي للخشب.

w رطوبة الخشب المدروس.

وهذه العلاقة صحيحة لرطوبة تبدأ من الصفر وتصل حتى 30%.

وعندما تزداد رطوبة الخشب لترتفع فوق قيمة 30% ولحساب الوزن الحجمي الوسطي للخشب عندها تستخدم العلاقة:

$$\gamma_o(12) = \frac{A * \gamma_o(w)}{1 + 0.01 * w}$$

حيث: A معامل يساوي 1.222 للأشجار الواركة والخور ويساوي 1.203 لبقية الأنواع.

### مسائل محلولة:

#### المسألة رقم 155:

عينة خشبية بوزن 70gr جففت بدرجة حرارة 100-110° وقيست كتلتها عدة مرات أثناء التجفيف. وعند المرة الأولى كان وزنها 50gr وفي المرة الثانية 45gr وفي المرة الثالثة 40gr وفي المرة الرابعة كان وزنها أيضاً 40gr. احسب رطوبة الخشب.

الحل: يتم حساب رطوبة الخشب بالنسبة المئوية قياساً لوزن عينته الجافة ونحسب بالعلاقة:

$$W = \frac{P_1 - P_2}{P_2} * 100\% = \frac{70 - 40}{40} * 100 = 75\%$$

حيث:  $P_1$  وزن العينة الخشبية رطبة - gr.

$P_2$  وزن العينة الخشبية جافة - gr.

#### المسألة رقم 156:

احسب رطوبة الخشب وذلك حسب المعطيات الواردة في الجدول (34) (المرجع رقم 3).

الحل: يتم اتباع نفس الخطوات في المسألة السابقة رقم (155).

الجدول (34)

وزن عينة الخشب (gr)		رقم العينة
محفقة تماماً	قبل التجفيف	
42	80	1
38	42	2
110	112	3
51	74	4
42	63	5
8	15	6

المسألة رقم 157:

احسب رطوبة الألواح الخشبية المحفوظة وقتاً طويلاً في مستودع حرارة الجو فيه وسطياً 20° والرطوبة النسبية للهواء في المستودع 70%.

الحل: لحل المسألة رقم 157 يجب استخدام منحني الرطوبة المستقرة للخشب الشكل رقم (19) (المراجع 4) الكتاب النظري والذي يبين علاقة رطوبة الخشب بدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية له.

والجواب  $w=14\%$ .

المسألة رقم 158:

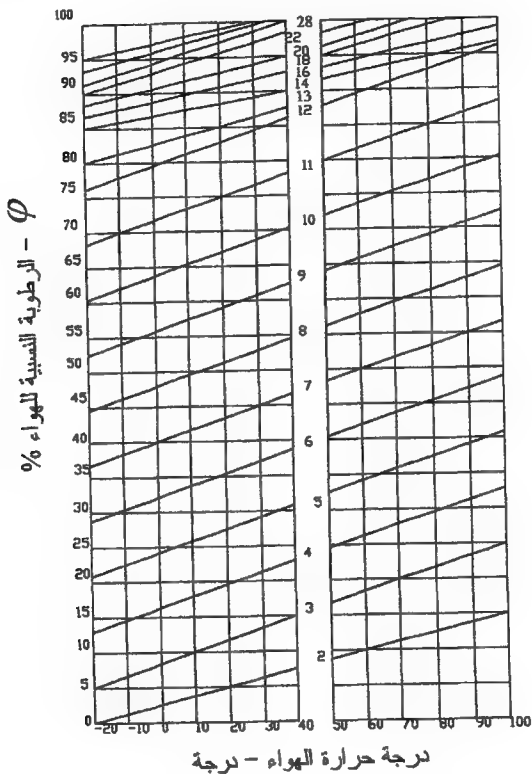
عينة خشبية بأبعاد  $10 \times 10 \times 8\text{cm}$  برطوبة 20%. بعد التجفيف حتى الرطوبة 5% أصبحت أبعادها  $9.5 \times 9.5 \times 7.8\text{cm}$ . احسب التقلص الحجمي ومعامل التقلص الحجمي.

الحل: يتم حساب التقلص الحجمي بالعلاقة:

$$j_k = \frac{v_1 - v_2}{v_2} * 100 = \frac{800 - 703}{703} * 100 = 12\%$$

$$v_1 = 10 * 10 * 8 = 800\text{cm}^3$$

$$v_2 = 9.5 * 9.5 * 7.8 = 703\text{cm}^3$$



الشكل (19): منحني الرطوبة المستقرة للعشب

معامل التقلص الحجمي:  $k$

$$k = \frac{j_k}{w} = \frac{12}{20} = 0.6 \quad (\text{المرجع 1-2-3-6-7-8})$$

حيث:  $w$  رطوبة الخشب %.

### المسألة رقم 159:

احسب المتانة النظامية لألواح خشب الصنوبر المحفوظة في مستودع مغلق بدرجة حرارة  $22^\circ$  ورطوبة الهواء 60% إذا علمت أن متانة الخشب في هذه الظروف المذكورة هي على الشد بالانعطاف  $700 \text{ kg/cm}^3$  وعلى الضغط  $410 \text{ kg/cm}^2$ .

الحل: بالعودة للشكل (19) تين أن الرطوبة الفعلية لألواح خشب الصنوبر عند درجة حرارة  $22^\circ$  ورطوبة الهواء 60% تساوي  $w = 10.8\%$ .

ومتانة الخشب على الضغط بجهة توضع الألياف الخشبية عند رطوبة نسبية ثابتة مقيسة مقدارها (15%) تحسب على الضغط والشد بالانعطاف ومنه العلاقة:

$$\sigma_{15} = \sigma_w \cdot k + \beta(w - 20)$$

حيث:  $\sigma_w$  حد المتانة على الضغط بجهة الألياف عند رطوبة العينة في لحظة الاختبار.

$K$  المعامل المحسوب ومنه الرطوبة لأنواع الخشب الجداول (35-36) من المرجع

رقم (4)

$\beta$  معامل التصحيح وفق درجة الحرارة حسب نوع الخشب، وهو يساوي بالنسبة لأخشاب الصنوبر والشوح والتنوب والأرز  $\beta = 2.5 \text{ kg/cm}^2$ ، ولأنواع الخشب الأخرى غير الوارقة  $\beta = 3.5 \text{ kg/cm}^2$  وأما بالنسبة لأنواع الخشب الوارقة وفصائلها  $\beta = 4.5 \text{ kg/cm}^2$ .  
جدير بالذكر أنه يمكن اختبار الخشب باتجاه (مع توضع) الألياف دون قياس رطوبته لكن يجب ألا تقل رطوبة الخشب عندها عن 30% وإذا كان أقل يسمح بزيادة رطوبة الخشب بنقعه في الماء ولمدة أربع ساعات بالنسبة لأنواع الصنوبر والسرو والأرز وخشب البتولا.  
وبالنسبة للأخشاب الوارقة واللينة والبلوط والسنديان وذات القنوات الداخلية لا أقل من 20 ساعة.

الجدول (35): قيمة المعامل  $k$  وفقاً لرطوبة الخشب في حالة الضغط

رطوبة %	القيمة الوسطية للمعامل $k$ وفق الرطوبة عند الضغط باتجاه الألياف للأنواع			
	البوط - الأقاصيا - الدردار	الزان - الصنوبر	الحور - الشوح -التوب	عشب البتولا - الأخشاب الوارقة - العرعر - الشربين
0	0.525	0.455	0.55	0.465
3	0.595	0.520	0.615	0.510
6	0.675	0.610	0.690	0.590
10	0.805	0.760	0.810	0.760
15	1.0	1.0	1.0	1.0
18	1.130	1.180	1.150	1.130
21	1.275	1.385	1.315	1.405
25	1.455	1.660	1.575	1.730
30	1.620	1.900	1.975	2.125

الجدول (36): قيم المعامل  $k$  وفقاً لرطوبة الخشب في حالة الانعطاف

الرطوبة %	القيمة الوسطية للمعامل وفق رطوبة الخشب عند الانعطاف		
	البوط - دردار	الشوح - الزان - الصنوبر	البتولا - وأخشاب الأشجار الوارقة
0	0.510	0.515	0.525
3	0.580	0.585	0.595
6	0.670	0.675	0.680
10	0.800	0.805	0.805
15	1.0	1.0	1.0
20	1.210	1.220	1.225
25	1.375	1.410	1.455
30	1.425	1.515	1.615

### المسألة رقم 160:

عند اختبار نظامي على الانعطاف لعينة خشب من شجر البلوط برطوبة  $w = 21\%$  كانت حمولة الانهيار  $280\text{kg}$  وحرارة الوسط  $15^\circ$ . أوجد حد المقاومة على الانعطاف عند الرطوبة النظامية (القياسية).

الحل: حد المقاومة على الانعطاف عند رطوبة  $21\%$

$$\sigma_{21} = \frac{PL}{bh^2} = \frac{280 * 24}{2 * 2^2} = 840\text{kg/cm}^2$$

وعند رطوبة  $15\%$

$$\sigma_{15} = 840 * 1.275 + 6 * (15 - 20) = 1040\text{kg/cm}^2$$

حيث:  $1.275$  قيمة المعامل من الجدول (34) عند رطوبة  $21\%$  للبلوط.  
6 فرق الرطوبة.

### المسألة رقم 161:

عينة خشبية من البلوط، بمقياس  $2 \times 2 \times 3\text{ cm}$  وزن  $8.6\text{ gr}$  كان حد المقاومة على الضغط باتجاه الألياف  $360\text{ kg/cm}^2$ .

احسب عند أية درجة رطوبة تمت التجربة واحسب الوزن الحجمي وحد المقاومة على الضغط عند الرطوبة القياسية إذا علمت أن وزن العينة مجففة  $8.0\text{ gr}$ .

الحل: إن رطوبة العينة أثناء التجربة تساوي:

$$w = \frac{8.6 - 8}{8} * 100 = 7.5\%$$

الوزن الحجمي للخشب المدروس:

$$\gamma_0 = \frac{8}{2 * 2 * 3} = 0.666\text{gr/cm}^3$$

وعندها فإن حد المقاومة على الضغط عند الرطوبة القياسية

$$\sigma_{15} = 360 * 0.7 + 4.5 * (28 - 20) = 288\text{kg/cm}^2$$



### المسألة رقم 162:

ما هي كمية المادة المركبة المستخدمة لطلاء الخشب لجعله مقاوماً للاحتراق وذلك لطلاء جدران خارجية لكوخ مؤقت بمساحة  $84\text{m}^2$  وعرض  $6\text{m}$  وارتفاع  $3\text{m}$  إذا علمت أن مساحة الأبواب والنوافذ تشكل  $18\%$  من المساحة ومصروف هذه المادة عادة  $1050\text{ gr/m}^2$

الحل: بالأخذ بعين الاعتبار شكل الكوخ وعدد الجدران تكون مساحة الجدران:

$$S_1 = 6 * 3 * 2 = 36\text{m}^2$$

$$S_2 = \frac{84}{6} * 3 * 2 = 84\text{m}^2$$

ويكون المجموع  $120\text{ m}^2$

ومن هنا: مساحة الشبايك والأبواب  $S_3 = 120 * 0.18 = 22\text{m}^2$

والمساحة المتوجب طلاؤها بالنهان المقاوم للنار:

$$S_4 = 120 - 22 = 98\text{m}^2$$

ويكون مصروف الطلاء:

$$1050 * 98 = 102000\text{ gr} = 102\text{kg}$$

### المسألة رقم 163:

احسب كمية فلوريد الصوديوم كمحلول  $3\%$  المستخدم لرفع مقاومة التعفن للخشب لكمية  $2\text{m}^3$ ، إذا علمت أن التشرب بهذا المحلول كامل ومسامية الخشب  $60\%$  والوزن النوعي لفلوريد الصوديوم  $\gamma = 1.06\text{gr/cm}^3$ .

الحل: الكمية اللازمة لتشرب كلي:

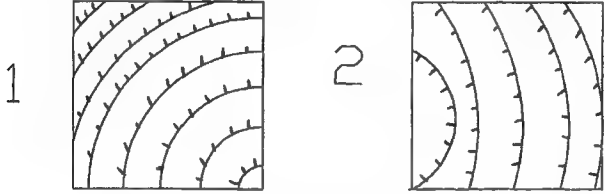
$$D = \frac{2 * 60}{100} = 1.2\text{m}^3$$

وبما أن المحلول بتركيز  $3\%$  فإن فلوريد الصوديوم مطلوب بكمية:

$$N_{\text{aF}} = \frac{3 * 1200}{100} * 1.06 = 38.2\text{kg}$$

## المسألة رقم 164:

احسب حد المتانة على الانعطاف وعلى الضغط للبلوط والصنوبر إذا علمت أن رطوبة خشب البلوط 15% ورطوبة الصنوبر 35% ومن أجل الحل استخدم الشكل (20): (أشجار لبية وارقة ذات قنوات حلقية)



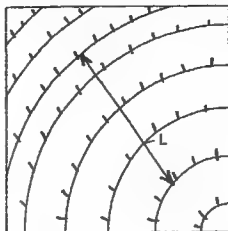
الشكل (20): مقطع في جذع البلوط (1) وفي جذع الصنوبر (2)

الحل: من المعلوم أنه في الظروف الحقلية (الميدانية) ولتحديد المقاومة الميكانيكية للخشب يستخدم المقطع الجانبي الشكل (20) حيث يتم بمساعدة هذا المقطع تحديد نسبة طبقات النمو المتأخر (النمو الذي يحدث في الصيف والخريف). وهذا النمو المتأخر يتميز في المقطع بمتانة وتراص أكبر ولون غامق بالنسبة إلى طبقات النمو المبكر (نمو الربيع وبداية الصيف) التي تتميز بخلايا كبيرة وجدران رقيقة ولون فاتح.

وكل مقطع يتألف من طبقات سنوية بشكل حلقات ذات مركز واحد، ويظهر ذلك بوضوح في الأشجار الصمغية. والطبقة السنوية تتألف من حلقة نمو مبكر وحلقة نمو متأخر وكلما كانت حلقة النمو المتأخر نامية أكثر كلما كانت المقاومة الميكانيكية للخشب أعلى. إذاً وبعد تحديد نسبة النمو المتأخر للخشب من خلال المقطع يتم إجراء الحساب بمساعدة العلاقات التجريبية.

يتم تحديد نسبة النمو المتأخر للخشب بواسطة المقاطع الجانبية بطريقة قياس مناطق النمو المتأخر في الحلقات السنوية بدقة 0.1mm لمسافة 15-20 mm الشكل (21). ولذلك أيضاً يجب استخدام قلم رصاص برأس مدبب ووضع إشارات بمساعدة المكبرة على بداية ونهاية

كل جزء للنمو المتأخر في كل حلقة من الحلقات السنوية، ومن ثم جمع المسافات المحصورة بين هذه العلامات الموضوعة بدقة بواسطة قلم الرصاص والمكبرة مقدرة بالمليمتر ويظهر ذلك واضحاً في الأشجار الوارقة ذات القنوات الحلقية (البلوط - الدردار - ...).



الشكل (21)

وبعد إتمام القياس لكل طبقة يتم جمع هذه القيم وتقسيم على الطول الكامل L الذي جرى عليه القياس

$$m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{L} = \frac{\sum a_n}{L} * 100\%$$

ويتم حساب نسبة النمو المتأخر بدقة 1%.

وأما بالنسبة للأشجار الصنوبرية (الصنوبر - الشوح - التنوب - العرعر - الشربين...)، وحيث لا تكون مناطق النمو المتأخر متغيرة العرض بوضوح في الطبقات السنوية يمكن وبمساعدة المكبرة قياس منطقة واحدة للنمو المتأخر ولحقة واحدة ولكن بدقة كبيرة، ليصار بعدها لحساب عدد الحلقات السنوية وضربها بقيمة عرض منطقة النمو المتأخر المقيسة بدقة للشجرة المدروسة ويأخذ شكل الحساب لعلاقة نسبة النمو المتأخر للشجرة بالمقاومة الميكانيكية الصيغة التالية:

(a) - على الضغط باتجاه الألياف (رطوبة نظامية 15%) (MPa):

$$D_{15} = 0.6 * m + 30 \quad \text{للصنوبر:}$$

$$D_{15} = 3.2 * m + 295 \quad \text{للبلوط: المرجع (7-8-5-3)}$$

(b) -- الانحناء (Mpa):

$$F_{15} = 1.4 * m + 56 \text{ للصنوبر:}$$

$$F_{15} = 0.43 * m + 47.5 \text{ للبلوط:}$$

وهي علاقات تجريبية.

### المسألة رقم 165:

ألواح من خشب الصنوبر حفظت فترة طويلة في الهواء برطوبة نسبية  $W_A = 80\%$  ودرجة حرارة  $t = 20^\circ \text{C}$  ومعامل التقلص الحجمي للصنوبر  $k = 0.44$ . احسب رطوبة الألواح الخشبية والوزن الحجمي لها إذا علمت أن لخشب الصنوبر وزناً حجمياً مساوياً:  $\gamma_{012} = 500 \text{ kg/m}^3$  عند رطوبة نظامية له تساوي  $12\%$ .

الحل: يتم إيجاد الرطوبة المستقرة للخشب من منحني الرطوبة الشكل (19) بإيجاد القيمة عند تقاطع قيمة الحرارة والرطوبة حسب شروط المسألة. ويظهر من الشكل (19) أن رطوبة التوازن  $w = 18\%$ . ويمكن إيجاد قيمة الوزن الحجمي لخشب الصنوبر عند رطوبة ما إذا علمنا قيمة الوزن الحجمي له عند الرطوبة النظامية  $12\%$  ومعرفة قيمة معامل التقلص الحجمي وهو هنا  $k = 0.44$ .

$$\gamma_w = \frac{\gamma_{12}}{1 + 0.01 * (1 - k) * (12 - w)} \text{ ومنه}$$
$$\gamma_w = \frac{500}{1 + 0.01 * (1 - 0.44) * (12 - 18)} = 517.6 \text{ kg/m}^3$$

### المسألة رقم 166:

قطعة من خشب الصنوبر أبعادها  $25 * 30 * 400 \text{ mm}$  عند رطوبة  $w = 21\%$ . كيف تتغير أبعاد هذه القطعة بعد تجفيفها بشكل كامل ثم بعد ترطيبها للدرجة الإشباع التام، إذا علمت أن معامل التقلص الحجمي بالتجفيف للصنوبر  $k_g = 0.44$ .

الحل: إن مقدار التقلص الحجمي بالتجفيف لقطعة الخشب يمكن حسابه من الشرط المنطقي:

التقلص (g) = معامل التقلص بالتجفيف \* الرطوبة، ومنه

$$g = 0.44 * 21 = 9.24 \%$$

فإذا افترضنا أن أبعاد قطعة الخشب عند رطوبة 0% هي  $a_0$  والأبعاد عند رطوبة  $w$  هي  $a$  يمكن عندها كتابة:

$$g = \frac{a - a_0}{a_0} * 100$$

$$a_0 = \frac{a * (100 - g)}{100} = \frac{25 * (100 - 9.24)}{100} = 22.7 \text{ mm}$$

وبنفس الطريقة نحسب بقية الأبعاد لقطعة الخشب وتساوي  $b_0 = 27.2 \text{ mm}$

$$c_0 = 363 \text{ mm}$$

وهكذا فإن مقاسات قطعة الخشب بعد التجفيف ستكون:  $22.7 * 27.2 * 363 \text{ mm}$  وعند ترطيب الخشب المحفف تزداد أبعاده الخطية نتيجة لانتفاخه وهذا ما سيحصل مع قطعة خشب الصنوبر.

فإذا علمنا أن الرطوبة الوسطية المقابلة لدرجة الإشباع  $w_1 = 30\%$ ، حيث تكون قيمة الانتفاخ بقيمتها العظمى عند هذه الرطوبة تحديداً فيكون الانتفاخ  $G_{\max}$ :

$$G_{\max} = \frac{a_{\max} - a_0}{a_0} * 100 = 30 K_G$$

حيث:  $K_G$  معامل الانتفاخ.

$$K_G = \frac{100 * K_g}{100 - 30 K_g}$$

وهناك علاقة بين معامل الانتفاخ ومعامل التقلص للخشب:

$$K_G = \frac{100 * 0.44}{(100 - 30 * 0.44)} = 0.5$$

وللصنوبر:

$$a_{\max} = \frac{30 K_G * a_0 + 100 a_0}{100} = \frac{30 * 0.5 * 22.7 + 100 * 22.7}{100} = 26.1 \text{ mm}$$

وبهذه الطريقة يتم إيجاد بقية الأبعاد لقطعة الخشب المدروسة بعد ترطيبها لدرجة الإشباع ونجد أن الأبعاد تصبح:  $2.61 * 31.3 * 417.4 \text{ mm}$

### المسألة رقم 167:

إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي لخشب الصنوبر في الحالة الجافة تماماً  $\gamma_{os} = 650 \text{ kg/m}^3$  والأوكاليتوس  $\gamma_{op} = 760 \text{ kg/m}^3$  والوزن النوعي للخشب بشكل عام وسطياً:  $\gamma = 1.53 \text{ gr/cm}^3$ . احسب مسامية الصنوبر والأوكاليتوس وكذلك الامتصاص الأعظمي للماء لكل من الصنوبر والأوكاليتوس.

الحل: للصنوبر:

$$P_s = \frac{\gamma - \gamma_{os}}{\gamma} * 100 = \frac{1.53 - 0.65}{1.53} * 100 = 57.5\%$$

$$P_o = \frac{\gamma - \gamma_{od}}{\gamma} * 100 = \frac{1.53 - 0.76}{1.53} * 100 = 50.3\%$$

والرطوبة الموافقة للإشباع الأعظمي بالماء توجد بالعلاقة:

$$W_{max} = W_i + \frac{(\gamma - \gamma_o) \gamma_w}{\gamma * \gamma_o} * 100$$

حيث:  $W_i$  رطوبة حد الإشباع للخلايا الجدارية للخشب  $30\%$   
 $\gamma_w$  كثافة الماء.

$\gamma$  الوزن النوعي للخشب.

$\gamma_o$  الوزن الحجمي للخشب.

للصنوبر:

$$w_{max} = 30 + \frac{1.53 - 0.76}{1.53 * 0.65} * 100 = 118.5\%$$

وللأوكاليتوس:

$$w_{max} = 30 + \frac{1.53 - 0.76}{1.53 * 0.76} * 100 = 96.2\%$$

### المسألة رقم 168:

يطلب تحديد حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف وعلى الانحناء لعينات خشبية من

الصوبر والبلوط إذا علمت أن قيمة  $m$  (نسبة النمو المتأخر للخشب) هي على التوالي 20% و80%.

الحل: أصبح من المعلوم أن مقدار النمو المتأخر للخشب وهي نسبة مئوية % يحسب على مقاطع جانبية كما ورد على الشكل (21) بتقدير منطقة النمو المتأخر للحلقات السنوية بدقة 0.1 mm لمسافة على المقطع 15-20 mm. ولحل هذه المسألة نستخدم العلاقات التجريبية ويكون:

من أجل خشب الصنوبر:

(a) - للضغط:

$$F = 0.6 * m + 30 = 0.6 * 20 + 30 = 42 \text{MPa}$$

(b) - للانحناء:

$$F = 1.4 * m + 56 = 1.4 * 20 + 56 = 84 \text{MPa}$$

ومن أجل خشب البلوط:

(a) - للضغط:

$$F = 0.32 * m + 29.5 = 0.32 * 80 + 29.5 = 55.1 \text{MPa}$$

(b) - للانحناء:

$$F = 0.43 * m + 47.5 = 0.43 * 80 + 47.5 = 81.9 \text{MPa}$$

### المسألة رقم 169:

لدينا عينات خشبية موشورية مستطيلة المقطع بأبعاد 20 \* 20 mm وارتفاع 30 mm انهارت عند اختبارها على الضغط عند حمولة عظمى  $F_1 = 0.0147 \text{ MN}$  وكانت رطوبتها 20%. وتم اختبار عينات أخرى من نفس نوع الخشب وبمقطع 20 \* 20 mm وارتفاع 300mm عند رطوبة 20% على الانحناء حيث انهارت العينات عند حمولة عظمى  $F_2 = 0.0014 \text{ MN}$  (ميغا نيوتن). يطلب تحديد نوع الخشب الذي يمثله العينات.

الحل: إن حد المتانة عل الضغط للعينات عند رطوبة  $w = 20\%$ :

$$F = \frac{F_1}{S} = \frac{0.0147}{0.02 * 0.02} = 36.75 \text{MPa}$$

وحد المتانة على الانحناء عند رطوبة  $w = 20\%$  وطول العينة  $L = 0.24m$ :

$$F = \frac{3F_2 * L}{2bh^2} = \frac{3 * 0.0014 * 0.24}{2 * 0.02 * 0.0004} = 63MPa \quad (\text{الجدول 5 المرجع (1-2-5-8)})$$

وبتحويل القيم التي تم الحصول عليها برطوبة 20% إلى ما يمكن أن تكون عند الرطوبة

المعيارية النظامية المساوية 12%:

$$F_{12} = F_w [1 + 0.04 * (w - 12)] = 36.75 * [1 + 0.04 * (20 - 12)] = 48.5MPa$$

$$F_2 12 = F_w [1 + 0.04 * (w - 12)] = 63 * [1 + 0.04 * (20 - 12)] = 83.16MPa$$

(نفس المراجع السابقة)

ومن هنا يتضح وبما هو معروف عن متانة الضغط للخشب وكذلك الانحناء أن هذه

المقاومات قريبة من مقاومة الضغط والانحناء للصنوبر والتي تساوي في الجداول التجريبية

لقيم الضغط والانحناء للصنوبر:  $F_2 12 = 86 Mpa$  ،  $F_1 12 = 48.5 Mpa$

### المسألة رقم 170:

المطلوب إجراء المقارنة بين خشب الشربين وبين خشب الزيزفون عند الرطوبة المعيارية

والبالغة 12% وذلك من حيث حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف وحد المتانة على ضغط

عمودي على الألياف وذلك في الاتجاهين: المركزي الشعاعي، والمماسي. إذا علمت أن

حمولة الانهيار على الضغط باتجاه الألياف للشربين  $F_1 = 0.026MN$  وللزيزفون

$F_1' = 0.018MN$  وحمولة الانهيار على الضغط العمودي على الألياف بالاتجاه المركزي

(الشعاعي) للشربين  $F_2 = 0.0027 MN$  وللزيزفون  $F_2' = 0.0034MN$  وفي الاتجاه المماسي

للشربين  $F_3 = 0.0037 MN$  وللزيزفون  $F_3' = 0.0031MN$ .

الحل: أصبح من المعلوم أنه لإيجاد حد المتانة على الضغط للخشب تستخدم عينات

موشورية بقياسات  $a * b * h = 20 * 20 * 30 mm$  ويمكن إيجاد حد المتانة على الضغط

باتجاه الألياف  $F_1$  من العلاقة:

$$F_{12} = \frac{F_1}{a * b} \quad (\text{المرجع 1 والمرجع 7})$$

وعلى الضغط بالاتجاه العمودي على الألياف وبالاتجاه المركزي:



$$F_{212} = \frac{F_2}{a \cdot h}$$

ومنه للشربين:

$$F_{112} = \frac{0.26}{0.02 \cdot 0.02} = 65 \text{MPa} \quad \text{(a) باتجاه الألياف:}$$

$$F_{212} = \frac{0.0027}{0.02 \cdot 0.03} = 4.5 \text{MPa} \quad \text{(b) بالاتجاه المركزي الشعاعي (عمودي على الألياف):}$$

$$F_{312} = \frac{0.0037}{0.02 \cdot 0.03} = 6.17 \text{MPa} \quad \text{(c) بالاتجاه المماسي:}$$

وللزيفون:

$$F_{112} = \frac{0.018}{0.02 \cdot 0.02} = 45 \text{MPa} \quad \text{(a) باتجاه الألياف:}$$

$$F_{212} = \frac{0.0034}{0.02 \cdot 0.03} = 5.67 \text{MPa} \quad \text{(b) بالاتجاه المركزي:}$$

$$F_{312} = \frac{0.0031}{0.02 \cdot 0.03} = 5.17 \text{MPa} \quad \text{(c) بالاتجاه المماسي:}$$

وهكذا يتبين أن مقاومة الضغط باتجاه الألياف أكبر من مقاومة الضغط العمودي على الألياف للشربين بمقدار 10.5–14.4 مرة، وللزيفون أيضاً أكبر بمقدار 7.9–8.8 مرة.

### مسائل غير محلولة – الخشب في البناء:

#### مسألة 96:

إن رطوبة الخشب في الأتية المركزية وغيرها (المجاري) للأشجار النامية معرضة للتغير أثناء اليوم. فمثلاً في أشجار البلوط كانت الرطوبة صباحاً في الأتية (المجاري المركزية) 68% وفي منتصف النهار 72% وفي المساء 66%.

والمطلوب: بين كيف يتغير الوزن الحجمي الوسطي للخشب بتغير رطوبته.

#### مسألة 97:

كانت رطوبة الصنوبر المقطوع حديثاً 75% وقد تم حفظ الصنوبر بالهواء بدرجة حرارة 15°+ ورطوبة 80% ومن ثم نقل للحفظ في مستودع بدرجة حرارة 20°+ ورطوبة نسبية للهواء 60%.

والمطلوب: بين كيف يتغير الوزن الحجمي الوسطي لخشب الصنوبر إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي لخشب الصنوبر عند الرطوبة المعيارية 12% يساوي  $500 \text{ kg/m}^3$ .

#### مسألة 98:

بين بالحساب هل تم الوصول إلى نقطة الإشباع بالماء لألياف قطعة من خشب الشوح ذات الوزن في الحالة الجافة تماماً  $78 \text{ gr}$  وبعد نقعها في الماء كان وزنها  $104 \text{ gr}$ .

#### مسألة 99:

لوح من خشب الصنوبر عرضه عند رطوبة 21% كان مساوياً  $90 \text{ mm}$  وكان عرضه في الحالة الجافة تماماً  $81.8 \text{ mm}$ .

المطلوب: 1 - احسب انكماش (تقلص) الخشب بالتجفاف.

2 - احسب عرض لوح الصنوبر عند الرطوبة المساوية 12%.

#### مسألة 100:

من أجل تنفيذ أرضيات وإكساء جدران داخلية نظيفة وجميلة استخدم خشب الصنوبر كألواح بعرض  $84 \text{ mm}$  ورطوبة 15% بدلاً من الرطوبة المعيارية المسموحة 12%.

المطلوب: هل ستظهر فواصل بين الألواح عند تجفيفها حتى رطوبة 12%، وما هي أبعاد هذه الفواصل (الشقوق) بين الألواح إذا علمت أن معامل التقلص (الانكماش) للصنوبر 0.44.

#### مسألة 101:

لدينا لوح من خشب البتولا بأبعاد  $2100 \text{ mm} \times 37 \times 94$  عند رطوبة 12% فإذا علمت أن معامل الانكماش (التقلص) الحجمي للبتولا 0.54 فما هي أبعاد لوح خشب البتولا بعد نقيه بالماء ووصوله إلى حد الإشباع.

#### مسألة 102:

تم تفرغ كمية من القطع الخشبية ذات الأبعاد العشوائية المختلفة (نواتج المناشر)

لاستخدامها تحت أعمدة الكوفراج الخشبي في الورشة وفي أماكن أخرى ليست بالهامة وكانت كمية هذه الأخشاب  $30\text{m}^3$  من بقايا خشب الصنوبر و  $20\text{m}^3$  من بقايا خشب البتولا وبرطوبة 15% لكلهما.

المطلوب: إذا علمت أن معامل الانتفاخ الحجمي للصنوبر 0.51 وللبتولا 0.64 فما هو حجم القطع الخشبية إذا ما تم حفظها في شروط عالية الرطوبة.

#### مسألة 103:

لدينا عوارض خشبية من الصنوبر بأبعاد  $4400 \times 180 \times 80 \text{ mm}$  في الحالة الجافة تماماً وعددها 100 عارضة. فإذا علمت أن الوزن الحجمي لها في حالتها الجافة  $413 \text{ kg/m}^3$  ومن أجل جعلها مقاومة للتعفن استخدم فلور الصوديوم NaF كمحلول بتركيز 3% وبكثافة  $1.06 \text{ gr/cm}^3$ .

المطلوب: حساب كمية NaF اللازمة والتي يمكن أن تمتصها العوارض لتصبح منيعة ضد التعفن.

#### مسألة 104:

لوح من خشب البلوط بأبعاد  $600 \times 150 \times 25 \text{ mm}$  وزنه عند رطوبة 21% يساوي 1625gr.

المطلوب: ما هو وزن لوح خشب البلوط بعد نقه طويلاً في الماء إذا علمت أن معامل النقل (الانكماش) الحجمي لخشب البلوط 0.43.

#### مسألة 105:

إذا علمت أن العلاقات التجريبية المستخدمة لحساب متانة الضغط للخشب برطوبة معيارية 12% هي للصنوبريات والشوح:

$$R_{12} = 61 \cdot \gamma_{12} + 10 \quad (\text{المرجع 7})$$

وللأشجار الوارقة والشربين عند رطوبة 12%:

$$R_{12} = 68 \cdot \gamma_{12} \quad (\text{المرجع 1 والمراجع 7})$$

حيث  $\gamma_{12}$  هي الوزن الحجمي للخشب عند رطوبة 12%.  
المطلوب: احسب المتانة على الضغط عند الرطوبة المعيارية لخشب الصنوبر ذي الوزن الحجمي  $\gamma_0 = 820 \text{ kg/m}^3$  عند رطوبة 20%، واحسب المتانة على الضغط عند الرطوبة المعيارية لخشب الشربين ذي الوزن الحجمي  $\gamma_0 = 686 \text{ kg/m}^3$  عند رطوبة 25%.

#### مسألة 106:

على عوارض من خشب البلوط، مقطع  $2 \times 2 \text{ cm}$  ورطوبة 20% تم تعليق حمولة مقدارها 60 kg في وسط المسافة بين المسندين والبالغة 100cm.  
المطلوب: 1 - هل تحملت العوارض هذه الحمولة.  
2 - إذا لم تتحمل، فكم مرة يجب تخفيض الحمولة إذا علمت أن متانة خشب البلوط على الانحناء المستاتيكي (الساكن) كما هو معروف تساوي 107.5 MPa عند الرطوبة المعيارية 12%.

#### مسألة 107:

على مقطع جانبي لخشب الصنوبر تم تحديد منطقة بعرض 20 mm كما هو موضح على الشكل (21) لتحديد عرض منطقة النمو المتأخر للصنوبر وتبين أن القيمة الإجمالية لعرض مناطق النمو المتأخر تساوي 6 mm.  
المطلوب: احسب بالشكل التقريبي حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف لخشب الصنوبر.

## المواد المعدنية المستعملة في البناء

إن أهم المواد المعدنية المستعملة في البناء هي قضبان التسليح من الفولاذ. وباعتبار أن فولاذ التسليح من المصادر الأوروبية الشرقية يقيم في منطقتنا بأنه جيد ويتم تصنيعه بشكل أساسي حسب اشتراطات المواصفات الروسية.

وتبعاً لخواصه الميكانيكية فإن قضبان التسليح تقسم إلى ستة أصناف ويرمز لها A - I; A-II; A-III; A-IV; A-V; A-VI. ومنها القضبان المحلزنة للمصنعة حرارياً. والكابلات المسحوبة على البارد ويتم تحديد أهم الخواص الميكانيكية لقضبان التسليح من خلال تجربة الشد حيث تعطي تجربة الشد: الاستطالة النسبية  $\varepsilon$  وحد المتانة على الشد  $\sigma_b$  وحد السيلان  $\sigma_s$ .

وهناك قيماً أخرى مرافقة يمكن الحصول عليها أيضاً مثل حد السيلان الاصطلاحي حد المرونة الافتراضي والابتدائي.

حيث يحسب حد السيلان  $\sigma_s$  وفق العلاقة:  $\sigma_s = P_s / A_0$

حيث:  $P_s$  الحمولة للطبقة التي يظهرها الجهاز عندما تستمر العينة بالتشوه دون أن يظهر ما يشير إلى ازدياد الحمولة على نفس الجهاز.

$A_0$  مساحة مقطع العينة.

ويحسب حد المتانة على الشد  $\sigma_b$  وفق العلاقة:  $\sigma_b = P_b / A_0$

حيث:  $P_b$  حمولة الانهيار التي يظهرها مؤشر الجهاز في لحظة انقطاع العينة وهي أكبر حمولة مقروءة في تجربة الشد.

ويتم تحديد الاستطالة النسبية  $\varepsilon$  من نفس تجربة الشد وتحسب بالعلاقة %:

$$\varepsilon = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} * 100$$

حيث:  $L_1$  الطول الجديد للعينة بعد الاختبار أي بعد انقطاعها.  
 $L_0$  الطول البدائي للعينة قبل الاختبار.

### مسائل محلولة:

#### المسألة رقم 171:

ماذا يعني تصنيف الفولاذ: 1 - فولاذ مُخَمَد 2 - فولاذ نصف مُخَمَد 3 - فولاذ غير تام التخميد (الساخن).

#### الحل:

- 1 - الفولاذ المُخَمَد: وذلك عندما يتم توهج الفولاذ بشكل كامل أثناء صناعه ولكن يتم تبريده بشكل بطيء دون إطلاق غازات مما يعطي سبائك وقطعاً معدنية ذات بنية كثيفة متجانسة خالية من فقاعات الغاز داخل جسم المعدن حيث تشكل هذه الفقاعات بؤراً للإجهادات وبالتالي نقاطاً ضعيفة تضعف بدورها المعدن.
- 2 - الفولاذ نصف المُخَمَد: هو فولاذ حالته وبنيته بين حالة الفولاذ المُخَمَد وبين حالة وبنية الفولاذ غير تام التخميد (الساخن).

- 3 - الفولاذ غير تام التخميد (الساخن): يتم الحصول على هذا الفولاذ دون أن تكون عملية توهج المعدن السائل كاملة، ولذلك يبقى قسم من الغاز في السبائك والمنتجات من هذا المعدن مشكلة فقاعات داخل جسم المعدن ولذلك فإن الفولاذ المُخَمَد يزيد بالسعر بمقدار % (20-25) عن الفولاذ غير تام التخميد.

#### المسألة رقم 172:

ما هي الشوائب الكيميائية الضارة التي يمكن أن تكون موجودة في الفولاذ، وما هي النسب المسموح بوجودها في تركيب الفولاذ بحسب المعايير والمواصفات المتاحة.

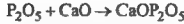
الحل: الفوسفور بحيث لا يزيد إطلاقاً عن 0.045%.

الكبريت بحيث لا يزيد عن 0.055%. (المرجع 6 - المرجع 8)

#### المسألة رقم 173:

اكتب التفاعل الكيميائي الذي يتم من خلاله طرح الكبريت والفوسفور أثناء صهر (سبك) الفولاذ في الفرن بطريقة مارتين في الحصول على الفولاذ.

الحل:



حيث يطرح كبريتات الكالسيوم CaS كخبث (رماد).

#### المسألة رقم 174:

تم اختبار فولاذ التسليح على الشد من خلال عينة بقطر  $d_0 = 10\text{mm}$ ، الطول البدائي من أجل اختبار الاستطالة  $L_0 = 100\text{mm}$ ، وبعد الاختبار كانت القراءات التالية:

الحمولة المطبقة عند حد السيالان  $P_S = 7500\text{ kg}$ ، حمولة حد المتانة (الانقطاع) للفولاذ  $P_b = 8200\text{ kg}$ .

طول العينة أثناء تطبيق حمولة حد السيالان  $L_S = 105\text{ mm}$ ، وطولها بعد الانقطاع  $L_1 = 115\text{mm}$  قطر العينة عند التضيق (الخصر)  $d_1 = 6.7\text{ mm}$ .

المطلوب: 1 - احسب حد السيالان.

2 - حد المتانة على الشد.

3 - الاستطالة النسبية.

4 - التضيق النسبي (التقصير).

الحل: I - حد السيالان:

$$\sigma_s = P_S / A_0 = 95.5\text{kg/mm}^2$$

حيث:  $A_0$  مساحة مقطع العينة.

2- حد المتانة على الشد:

$$\sigma_b = P_b / A_0 = 104.5 \text{ kg/mm}^2$$

3- الاستطالة النسبية:

$$\varepsilon = \frac{(L_1 - L_0) * 100}{L_0} = 15\%$$

4 - التضيق النسبي:

$\psi = \text{مساحة مقطع العينة بعد التضيق} / \text{المساحة الأولية لمقطع العينة قبل التجربة} = 55\%$

المسألة رقم 175:

يتعرض عنصر بشكل مجراية يتوضع في منطقة الشد في جائز معدني لحمولات شد. فإذا علمت أن رقم هذا العنصر (المجراية) هو 30 من الجدول (37) المرجع رقم (3) وماركة الفولاذ لهذا العنصر هي: St-3.

المطلوب: احسب عند أية حمولة تظهر التشوهات المتبقية (اللينة) في هذا العنصر.

الجدول (37): فولاذ المقاطع (المدرفل) - المجرايات

رقم المجراية	وزن المتر الطولي kg	مساحة المقطع $\text{cm}^2$	العزم المقاوم $\text{cm}^3$
12	10.4	13.3	50.6
14	12.3	15.6	70.2
16	14.2	18.1	93.4
18	16.3	29.7	121
20	18.4	23.4	152
22	21.0	26.7	192
24	24.0	30.6	242
30	31.8	40.5	387
40	48.3	61.5	761

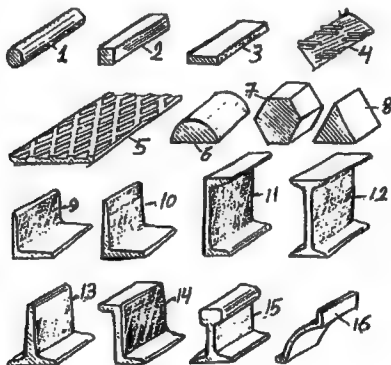


الحل: إن مساحة مقطع العنصر  $S$  تستخرج من الجدول (37) وتساوي  $S = 4050 \text{ mm}^2$ .  
وإن حد السيلاان للفولاذ من ماركة st-3 المصنوع منه هذا العنصر (المجراية) من الجدول (10-3) في الكتاب النظري "مواد البناء واختباراتها" الصفحة 192 (المرجع 4) يساوي:  
 $\sigma_s = 22 \text{ kg/mm}^2$  وهكذا فإن الحمولة التي ستظهر عندها التشوهات اللدنة المتبقية  $P_s$  هي:

$$P_s = \sigma_s * S = 22 * 4050 = 89100 \text{ kg}$$

المسألة رقم 176:

أوجد التسميات المناسبة للمنتجات المعدنية من الفولاذ المدرفل والمقاطع المينة في الشكل (22)، وبين كيف تتصور عمل هذه المقاطع أي أين يجب استخدام هذه المقاطع (الأشكال) في الأبنية للاستفادة من مقطعها وشكلها أكبر استفادة.



الشكل (22)

مصمت.

الحل: 2- تريبعة فولاذ ذات مقطع مربع

### 3- تسمية

- 1- فولاذ بمقطع دائري.
- 6- فولاذ بمقطع نصف دائري.
- 7- فولاذ بمقطع مسدسي.
- 8- فولاذ بمقطع مثلثي.
- 10- زاوية غير متساوية الضلعين.
- 9- زاوية متساوية الضلعين.
- 11- مجرأة.
- 12 - مقطع I.
- 13 - مقطع T.
- 15 - مقطع قضبان سكة القطار (سكة) والرافعات الجسرية.
- 14 - مقطع Z.
- 16 - للأعمدة الفرعونية أو التاجية.
- 16 - 14 - 9 لصناعة العدد المعدنية.
- 11- 12 - 15 - 13 - 14 - 10 - 9 كعناصر حمالة في الأبنية - جوائز - أعمدة... الخ.
- 15- قضبان السكك الحديدية وسكك الرافعات الجسرية في المعامل.
- 16- لتلبس وتقوية الأعمدة الفرعونية.
- 1- 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 للحصول على تزيينات وصفائح وشرائع وألواح معدنية متعددة الاستعمالات.

---

### المسألة رقم 177:

أنشاء إشادة بلاطة تستند إلى مقاطع معدنية في منشأ محسوب على الحمولات الستاتيكية (الساكنة) برز سؤال: هل من المفيد والاقتصادي للبلاطة استبدال مجرايتين مناسبتين بأحد

الجوائز بمقطع I رقم 36 من الجدول (38) بمجراتين مناسبتين.

الجدول (38): الفولاذ المدرفل (المقاطع) - الجوائز بمقطع I

رقم القطعة (المقطع)	وزن المتر الطولي kg	مساحة المقطع $\text{cm}^2$	العزم المقاوم $\text{cm}^3$
10	9.46	12.0	39.7
14	13.7	17.4	81.7
16	15.9	20.2	109
18	18.4	23.4	143
20	21.0	26.8	184
22	24.0	30.6	232
24	27.3	34.8	289
27	31.5	40.2	371
30	36.5	46.5	472
33	42.2	53.8	597
36	48.6	61.9	743
40	56.1	71.4	947
50	76.8	97.8	1570
60	104.0	132.0	2510

إن رقم القطعة بالنسبة لمقطع I وللمجريات يعبر عن ارتفاعها حيث تأخذ مقاطع I أرقاماً من 10 حتى 60 والمجريات من 5 حتى 40 وتصنع مقاطع I بأطوال تصل إلى 19m والمجريات بأطوال تصل إلى 18m.

الحل: طبعاً للرحلة الأولى يمكن أن يبدو ذلك اقتصادياً ولكن بالتدقيق كما يلي:

بالعودة إلى الجدول (38) جدول المقاطع الفولاذية بمقطع I تين أن الجوائز بمقطع I رقم 36

ذو عزم مقاوم  $W_x = 743 \text{ cm}^3$ .

فإذا عدنا إلى الجدول (37) نلاحظ أن هذا العزم المقاوم تؤمنه مجريتان رقم 30:

$$W = 2 * 387.2 = 774.0 \text{ cm}^3$$

ولكن وزن المتر الطولي لمقطع I رقم 36 يساوي 48.6 kg ووزن المتر الطولي للمجريتين يساوي:  $2 * 31.8 = 63.60 \text{ kg}$

وبالتالي إن استبدال مقطع I رقم 36 بمجريتين يتسبب بحد للمعدن بمقدار 30% وليس من المفيد أو الاقتصادي استبدال مجريتان رقم 30 بمقطع I.

### المسألة رقم 178:

ما هي قساسة الفولاذ الكربوني ماركة st-3 وماركة st-5 والفولاذ الحاروي على الكروم والنيكل ذو حد المتانة على الشد  $76 \text{ kg/mm}^2$  وذلك بطريقة برينيل.

**للحل:** استخدم العلاقة التي تنظم مقدار القساسة HB بحسب حد المتانة على الشد  $\sigma_b$  من كتاب النظري الصفحة 201 والجدول (10-5) الصفحة 202. وكذلك استخدم الجدول (10-3) من كتاب النظري الصفحة 192.

**الحل:** بالعودة للجدول (10-3) من كتاب "النظري" (المراجع 4) تبين أن وسطي حد المتانة على الشد للفولاذ الكربوني st-3 يساوي:  $\sigma_b \approx 45 \text{ kg/mm}^2$

ومن نفس الجدول حد المتانة على الشد للفولاذ الكربوني st-5 يساوي:  $\sigma_b \approx 58 \text{ kg/mm}^2$

ومعرفة واستخدام العلاقة التحريية بين مقدار القساسة وحد المتانة على الشد للفولاذ الحاروي على الفحم:  $\sigma_b = 0.36 \text{ HB}$  (المراجع 2-3-5)

يمكن وبشكل تقريبي حساب قساسة الفولاذ بطريقة برينيل:

للفولاذ st-3 القساسة  $126 \text{ kg/mm}^2$

وللفولاذ st-5 القساسة  $161 \text{ kg/mm}^2$

وللفولاذ الحاروي على الكروم والنيكل:

$$\text{HB} = \frac{\sigma_b}{0.34} = \frac{76}{0.34} = 230 \text{ kg/mm}^2$$

### المسألة رقم 179:

عينة من الفولاذ الكربوني (الحاروي على الكربون) تعرضت لاختبار القساوة بطريقة برينيل ذي الكرة بقطر  $D = 10 \text{ mm}$  وحمولة  $P = 3000 \text{ kg}$  وذلك لثلاث مرات. فظهر بعد كل عملية اختبار أثر وكان قطر الأثر الأول:  $d_1 = 5.09 \text{ mm}$ ، و قطر الأثر الثاني:  $d_2 = 5.15 \text{ mm}$ ، و قطر الأثر الثالث:  $d_3 = 5.12 \text{ mm}$ . احسب حد المتانة على الشد وماركة الفولاذ المختبر.

الحل: بحساب الوسطي لقطر الأثر تبين أن قيمته  $d$  تساوي:  $d = 5.12 \text{ mm}$  وكما هو معلوم تحسب القساوة بحسب طريقة برينيل بالعلاقة:

$$HB = \frac{P}{F} \quad \text{kg/mm}^2$$

حيث:  $P$  الحمولة مقدرة  $\text{kg}$ .

$F$  مساحة الأثر مقدرة  $\text{mm}^2$

ومنه:

$$F = 0.5 * \pi * D * (D^2 - \sqrt{D^2 - d^2}) \quad (\text{المرجع رقم 3})$$

وفي مسألتنا  $F = 22 \text{ mm}^2$  (يجب التأكد بشكل تقريبي من مساحة الأثر) والقساوة

HB بطريقة برينيل تساوي:

$$HB = \frac{3000}{22} = 136 \text{ kg/mm}^2$$

ويمكن أيضاً الحصول على القساوة بدلالة الحمولة و قطر الكرة و قطر الأثر من الجدول

(32) (المرجع رقم 3).

وبعد الحصول على قيمة القساوة للمعدن يمكن حساب حد المتانة على الشد للمعدن باستخدام العلاقات كما وردت في المسألة السابقة.

ولهذه المسألة حد المتانة على الشد  $\sigma_b$

$$\sigma_b = 0.36 * 136 = 48 \text{ kg/mm}^2$$

ومنه يتبين أن ماركة الفولاذ وبالعودة إلى الجدول (3-10) من المرجع (4) هي st-3.

### المسألة رقم 180:

من أجل تعيين مقاومة الفولاذ للصدمة للتأكد من ضعف أو قوة الطبقات الداخلية له وجودة تحضير الفولاذ اختبرت عينة نظامية بمقطع  $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$  وطول  $5.5 \text{ cm}$  حيث تم صدمها بواسطة نواس الصدمة عند الشق النظامي المحدث في العينة بعمق  $0.2 \text{ cm}$  وكانت قيمة العمل المبذول لكسر العينة  $A = 12.21 \text{ kgm}$

والمطلوب: احسب عامل مقاومة الفولاذ للصدمة  $a_k$  والذي يسمى أيضاً لزوجة الصدمة النوعية للفولاذ  $a_k$

الحل: إن عامل مقاومة الفولاذ للصدمة  $a_k$  أو ما يسمى لزوجة الصدمة النوعية للفولاذ  $a_k$

$$\text{تحسب بالعلاقة: } a_k = \frac{A}{F_N} \quad (\text{كافة المراجع})$$

حيث:  $A$  العمل المبذول في كسر العينة  $\text{kgm}$ .  
 $F_N$  مساحة مقطع العينة في مكان الشق  $\text{cm}^2$ .  
 ومنه:

$$a_k = \frac{12.21}{0.8 \times 1} = 15.2 \text{ kgm/cm}^2 \quad (\text{المراجع 9})$$

وكتنتيجة: كلما كان العمل المبذول لزيادة أبعاد الشق أكبر كانت مقاومة الفولاذ على الصدمة أكبر، وبالتالي إمكانية انهياره المفاجئ في المنشآت أقل بوجود شقوق. ويستخدم هذا الاختبار بتقييم الفولاذ المستخدم في صناعة الطائرات والصواريخ والمنشآت الصناعية الهامة ذات الأبعاد الكبيرة والوظائف الخاصة.

### المسألة رقم 181:

من أجل خلق الإجهاد المسبق في قضيب تسليح فولاذي ماركة st-5 جرى تسخينه بواسطة التيار الكهربائي، احسب الاستطالة الكلية للعينة (القضيب) وذلك نسبة للطول البدائي قبل التجربة  $l_0$  والمساوي  $2.5 \text{ m}$  علماً أن الإجهاد المطبق لخلق الإجهاد يساوي  $85\%$  من حد السيولة.

الحل: إن قيمة الاستطالة للعينة بالتسخين تحسب من العلاقة:

$$\Delta l = \frac{\sigma_0}{E} * l_0$$

حيث:  $\sigma_0$  الإجهاد المطبق لخلق سبق الإجهاد في العينة ( $\text{kg/cm}^2$ ).

$l_0$  الطول البدائي للعينة قبل تطبيق حمولة سبق الإجهاد.

$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$  معامل مرونة فولاذ التسليح لماركة st-5 وتساوي:

ومن المعروف أن التسخين يعطي طولاً إضافياً (تمدد) ولذلك ولأن هذا الطول نتيجة التسخين سيختفي فإنه يجب إعطاء العينة طولاً إضافياً للتعويض ومقداره % (10-20) من الاستطالة الكاملة المطلوبة.

وبالعودة للجدول (10-3) من كتاب "النظري" نجد أن الفولاذ ماركة st-5 يتميز بمد سيولة يساوي:  $\sigma_s = 2600 \text{ kg/cm}^2$ .

ومنه الطول اللازم لتحقيق تطبيق حمولة سبق الإجهاد:

$$\Delta l = \frac{\sigma_0 * l_0}{E} = \frac{2210 * 250}{2100000} = 0.26 \text{ cm}$$

$$\sigma_0 = 2600 * 0.85 = 2210 \text{ kg/cm}^2$$

### تمارين المعادن وخواصها:

#### مسألة 108:

إذا علمت أن أشهر ماركات الفولاذ الشرقي (الروسي) لأعمال البناء هي A-I، A-II، A-III، A-IV، A-VI وأن المواصفات تشترط أن تكون قيمة الاستطالة النسبية لا أقل من: 25% للفولاذ A-I، 19% للفولاذ A-II، 14% للفولاذ A-III، 7% للفولاذ A-IV، 6% للفولاذ A-VI. فإذا كان الطول البدائي لكل العينات ومن كافة الماركات 60mm فما هي الأطوال النهائية الحسائية لعينات فولاذ التسليح من الماركات المذكورة بعد انقطاعها بالاختبار.





## مواد البناء المحضرة على أساس المواد

### الرابطة العضوية

#### البيتومين الإسفلتي - البولييميرات (البلاستيك) - الدهانات

البيتومين: مادة رابطة عضوية تسمى أيضاً الإسفلت أو الزفت وتستخدم بشكل واسع في بناء الطرقات حيث يحضر من مزيجها مع الحصىات البيتون الإسفلتي المستخدم في الأغذية الطرقية كما وتستخدم بشكل واسع في أعمال العزل في الأبنية بشكل رقائق بيتومينية (رولات) أو بتسخينها واستخدامها بشكلها السائل ساخنة وهي ذات خواص جيدة للعزل الهيدروليكي وغيره.

ولذلك فهناك بيتومين البناء وبيتومين الرولات للعزل الهيدروليكي والبيتومين الطرقي (الزفت). ولذلك فهناك أنواع متعددة لكنها متشابهة بالشكل الخارجي وتختلف هذه الأنواع بدرجة الاشتعال والليونة والتمدد وعمق اختراق الإبرة وهي جميعها خواص تتعلق بدرجة حرارة التعامل مع البيتون.

ومن أهم خواص البيتومين اللزوجة التي تتحدد لأنواع البيتومين السائلة بطريقة قياسية بواسطة الفيسكوزيمتر الذي يقيس بشكل مواز الزمن اللازم لمرور عينة البيتومين السائلة من خلال ثقب محدد القطر عند درجة حرارة 60°.

ولأنواع البيتومين الصلبة ونصف الصلبة يتم قياس اللزوجة اصطلاحياً بواسطة البيترومتر من خلال اختراق إبرة البيترومتر في البيتومين عند درجة حرارة 25°.

والخطات الإسفلتية الطرقية المكونة غالباً من البحص والرمل والبيتومين والمادة المالئة

التي يتم الحصول عليها من طحن الصخور الكلسية أو الدولوميتية أو غيرها ولنعمومة كبيرة قد تتجاوز  $4000 \text{ cm}^2/\text{gr}$  أحياناً تدرس كبنية متداخلة يتوضع فيها الرمل والمادة المائلة والبيتومين في فراغات الرمل لينتج بذلك تغليف سطوح حبات البحص والرمل كما هو في البيتون الإسمنتي وبناءً على ذلك يتم حساب كميات المواد ونسبها في الخلطات البيتومينية (الإسفلتية) لأعمال الطرق.

**مركبات الدهانات:** حيث تتكون مركبات الدهانات بشكلها العام من مستحلب متخثر يحتوي على زيت خاص ومادة ناعمة واسعة الانتشار والتشتت يتم الحصول عليها من طحن الصخور الكلسية أو غيرها وأهم الخواص لمركبات الدهان بشكلها النهائي المعروف. مقاومتها للظروف الطبيعية من رطوبة وهواء والتأثيرات الكيماوية وانتشارها الطيفي الواسع ضمن بنيتها المتداخلة إضافة لما يسمى سعة الزيت أي إمكانية تشكيل معجون الدهان المتخثر والمكون من الزيت والمادة المائلة الناعمة.

وللحكم على جودة الدهان كمركب يتم اختبار المد ( $t_G$ ) وهو قدرة المادة على طلاء سطح صقيل بأقل سماكة ممكنة وفق العلاقة:

$$t_G = \frac{m_K(100 - OL)}{100 * S}$$

حيث:  $m_K$  كمية الدهان الجاهز اللازمة لطلاء صفيحة ذات سطح صقيل بمساحة معلومة.

$OL$  نسبة الزيت المستخدم في تحضير الدهان.

$S$  مساحة الصفيحة ذات السطح الصقيل.

### مسائل محلولة:

#### المسألة رقم 182:

يراد إنشاء غطاء من البيتون الإسفلتي لطريق وبخشونة عالية للغطاء ليؤمن احتكاكاً جيداً في طريق منحدر. فإذا علمت أن المواد المستخدمة هي: بيتومين طرقي (إسفلت)، بودة فلزية من الصخر الكلسي (مادة مائلة)، رمل وزنه الحجمي عند الارتصاص  $1650 \text{ kg/m}^3$ ، بحص عالي الجودة ذو وزن حجمي عند الارتصاص  $1600 \text{ kg/m}^3$  ونسبة الفراغات فيه

$P_G = 40\%$ ، ولكن ونتيجة لتجارب كثيرة فإن نسبة البيتومين  $b_N$  إلى البودرة  $N_N$  هي

$$\frac{b_N}{N_N} = 0.96$$

الحل: من المعروف أنه لتحقيق احتكاك عالٍ للغطاء الطرقي يجب ملء الفراغات بين حبات البحص بالمونة البيتومينية (الإسفلتية)  $R$  لتشكيل مع البحص البتون البيتوميني (الإسفلتسي) دون أن تتسبب هذه المونة بتوسيع الفراغات بين حبات البحص. ولتحقيق ذلك يجب أن يكون مصروف البحص  $G$ :

$$G = \frac{1}{1 + P_G * \frac{\gamma_R}{\gamma_{00}}} \quad (\text{المرجع 3})$$

حيث:  $\gamma_R$  الوزن النوعي للمونة البيتومينية المساوية  $2.3 \text{ gr/cm}^3$  تقريباً ويكون:

$$G = \frac{1}{1 + 0.4 * \frac{2.3}{1.6}} * 100 = 63\%$$

ويمكن حساب مصروف الرمل من النسبة والتناسب:

$$\frac{S}{G} = \frac{P_G * \gamma_{0S}}{\gamma_{0.G}} \quad (\text{المرجع 3)، المرجع 6})$$

حيث:  $(P_G * \gamma_{0S})$  تمثل كماً هو الحجم الذي سيشفله الرمل الذي سيتوضع في فراغات البحص مع مراعاة الوحدات ومنه:

$$S = \frac{G * P_G * \gamma_{0S}}{\gamma_{0.G}} = \frac{63 * 0.4 * 1.65}{1.6} = 26\%$$

ولحساب الرابط البيتوميني المكون من (بيتومين  $b_N$  + بودرة فلزية  $N_N$ ) يمكن أن نكتب:

$$b_N + N_N = 100 - 63 - 26 = 11\%$$

مستقل:

$$\frac{b_N}{N_N} * N_N + N_N = 11\%$$

وبتعويض قيمة  $\frac{b_N}{N_N}$  وتوحيد المخارج (المقامات) والضرب والجمع:

$$1.96 * N_N = 11\% \Rightarrow N_N = 5.61\%$$

وبالتالي فإن محتوى (كمية) البتومين (الإسفلت):

$$b_N = 11 - 5.61 = 5.39\%$$

### المسألة رقم 183:

المعطيات للمواد المستخدمة:

الوزن الحجمي للرمل  $1440 \text{ kg/m}^3$ ، نسبة الفراغات في الرمل:  $P_s = 40\%$ ، الوزن

$$\gamma_{NN} = 2.67 \text{ kg/m}^3 \text{ (البودرة الفلزية)}$$

معامل الحركية للمونة: ويقصد به خاصية المونة بأخذ شكل القالب ولزوجتها وقابليتها للمد وطرأوتها وعدم انفصال مكوناتها ويتعلق ذلك كله بكمية المادة السائلة فيها ونوعية المواد المكونة لها وهي في هذه المسألة لا تحتوي على الإسمنت بل على مادة قابضة هي البوليمر  $P_L$  التي تشكل عزمجها جيداً مع البودرة الفلزية (المالئة)  $N_N$  تشكل المادة الرابطة في جسم المونة أي أن المونة تتكون من (بوليمر + مائي) + رمل إذاً معامل الحركية للمونة:

$$K_R = 0.5$$

والمطلوب:

احسب تركيب المونة البوليميرية بالنسب المئوية إذا علمت أن نسبة البوليمر  $P_L$  إلى المادة

$$\frac{P_L}{N_N} = 0.4 \text{ هي: المالئة } N_N$$

الحل: إن استخدام البوليميرات بدلاً عن الإسمنت شائع جداً وخاصة في المنشآت التي تتطلب مواصفات خاصة من حيث الكثافة، المقامات العالية للبيتون والمونة، المقاومة العالية لتأثيرات الكيميائية - الحامضية - مقاومة الاهتراء... الخ.

إن المادة الرابطة المكونة كما ذكر من (بوليمر + مائي) والتي تأخذ شكل العجينة الراتنجية ستوضع في المونة البوليميرية في الفراغات بين حبات الرمل وتغلغها، ولذلك يمكن القول: إن جزءاً وزنياً واحداً من المعجون (العجينة) البوليميرية ستملأ الفراغ بين الحبات في

الرمل بالكمية التالية:

$$S = \gamma_{OS} \frac{\frac{1}{\gamma_{NN}} + \frac{P_L}{N_N}}{P_S + K_R} = 1.44 * \frac{0.375 + 0.4}{0.4 + 0.5} = 1.24$$

(المراجع 1-3-7)

ويتضح من هنا أن جزءاً وزنياً واحداً من العجينة (الرابط) البوليميري المكون من (بوليمير + بودرة فلزية) ولكي يتوضع في مكانه بين فراغات الرمل ليكون المونة البوليميرية يحتاج لتحقيق ذلك إلى 1.24 جزءاً وزنياً من الرمل.

ويمكن التعبير عن ذلك بأن العجينة البوليميرية والرمل في المونة يجب أن تكون بنسب وزنية على الشكل التالي: رمل 1.24 : عجينة بوليميرية أو بالنسبة المثوية 44.65% عجينة بوليميرية و 55.35% رمل، وبالأخذ بالحسبان نسبة البوليمير  $P_L$  إلى المادة المائلة (البودرة)  $N_N$  في الرابط البوليميري (العجينة) داخل جسم المونة وهو كما ورد في معطيات المسألة 0.4 تكون النسب المثوية للمواد الداخلة في تركيب المونة البوليميرية كما يلي:

مادة قابضة (بوليمير) 12.75% - مالى (بودرة فلزية) 31.9% - رمل 55.35%.

#### المسألة رقم 184:

المطلوب تحديد نوع الاسبيداج IS (مادة مبيضة من الرصاص أو الزنك تدخل في تركيب الدهان) المستخدم لتحضير دهان زيتاسي يحتوي على 45% من زيت الجفوف OL علماً أنه لطلاء صفيحة زجاجية بمساحة  $S = 200 \text{ cm}^2$  استخدمت كمية دهان  $m_k = 4 \text{ gr}$ . وبالتجربة لتحديد كمية الزيت اللازمة للمادة الصلبة (بودرة أساس الدهان) الذي يشكل مع الزيت ما يسمى بالخطضاب للدهان (كما هو الخطضاب للدم) تبين أن كمية من الاسبيداج مقدارها  $m_{IS} = 5 \text{ gr}$  احتاجت لكمية من زيت الكتان مقدارها  $m_{OL} = 0.7 \text{ g}$  مع العلم أن مواصفات الدهان الزيتاسي تنص على أنه من المعروف أن مصروف الخطضاب (أساس الدهان المكون من الزيت وبودرة الاسبيداج التسي تعطي التغطية) بالغرام لكل واحد  $1 \text{ m}^2$  من السطح المطلي هي للاسبيداج من الرصاص 160...200 وللإسبيداج من الليثيوم 110...140 وللإسبيداج من الزنك 100...120 ومن التيتانيوم 35...45 وسعة الزيت  $V$  (كمية الزيت اللازمة لخلطها جيداً مع الاسبيداج لصنع الخطضاب) للاسبيداج من الرصاص 12-9g

وللاسيديج من الليثيوم 11-15gr وللإسيديج من التيتانيوم 20-25gr وللإسيديج من الزنك 12-16gr وذلك لكل 100gr خضاب.

الحل: إن عملية المد (التغطية) ووحداها  $\text{gr/cm}^2$  للدهانات ذات الكثافة الاعتيادية المستخدمة تحسب من العلاقة:

$$\text{درجة المد (tG)} = \text{كمية الدهان } m_k / \text{المساحة المطلية } S$$

ومنه:

درجة المد للخضاب الجاف  $t_G$ :

$$t_G = \frac{m_k(100 - OL)}{100 * S}$$

ودرجة المد لأنواع الإسيديج الذي استخدم في هذه المسألة:

$$t_G = \frac{4 * (100 - 45)}{100 * 0.02} = 110 \text{ gr/cm}^2$$

سعة الزيت V للإسيديج الجاف مقدرة بالغرام لكل 100gr إسيديج:

$$V = 100 * \frac{m_{OL}}{m_{IS}} = \frac{100 * 0.7}{5} = 14 \text{ gr}$$

ومن هنا تبين أن الإسيديج المستخدم لنوع الدهان موضوع هذه المسألة هو الإسيديج من الزنك لأن الرقم 14 يمثل الوسطي لسعة الزيت (كمية الزيت اللازمة لصنع الخضاب) وذلك بالعودة لشرط المسألة حول سعة الإسيديج للزيت لتشكيل الخضاب.

### المسألة رقم 185:

يطلب تحديد كمية البوليمر ذي الكثافة  $\gamma_{PL} = 1.13 \text{ gr/cm}^3$  واللازمة لتحضير بلاطة عزل للحفاظ على التدفئة داخل المنشأ أبعاد البلاطة  $5 \text{ cm} * 50 * 100$  حيث سيتم صب البلاطة بطريقة تقليدية (السكب) احسب الضغط للتولد في القالب إذا علمت أنه ستظهر من البوليمر السائل  $P_L$  بحجم  $V_{PL} = 11 \text{ cm}^3$  رغوة بوليميرية بلاستيكية  $\Pi$  بحجم  $V_{\Pi} = 166 \text{ cm}^3$ .

الحل: نحدد كيف ستم عملية ظهور الرغوة البوليميرية عددياً من خلال معامل K وذلك كما يلي:

$$K = \frac{V_{PL}}{V_{PL}} = \frac{166}{11} = 15.1 \quad (\text{المراجع 5-3-1})$$

كمية البوليمر اللازمة:

$$m_{PL} = \frac{1.2 * V_{\phi} * \gamma_{PL}}{K} \quad (\text{المراجع 3})$$

حيث: 1.2 معامل الكمية الاحتياطية.

$$V_{\phi} = 100 * 50 * 5 = 25000 \text{ cm}^3 \quad \text{حجم القالب والمساوي:}$$

$$m_{PL} = \frac{1.2 * 25000 * 1.13}{15.1} = 2245 \text{ gr}$$

ويكون حجم البوليمر السائل لملء القالب:

$$V_{PL} = 2245 * 1.13 = 1987 \text{ cm}^3$$

والضغط داخل القالب سيكون أكبر من الضغط التولد نتيجة لعملية ظهور الرغوة

البوليميرية بشكل حر سيكون أكبر بمقدار n مرة:

$$n = \frac{K * V_{PL}}{V_{\phi}} = \frac{15.1 * 1987}{25000} = 1.2$$

**مسائل غير محلولة - البيتومين - البوليمير (البلاستيك) الدهانات**

**مسألة 109:**

احسب تركيب خلطة البيتون الإسفلتي المطلوب لتحضير غطاء طرقي خشن لزيادة الاحتكاك مع عجلات السيارات إذا علمت أن المواد المستخدمة هي: إسفلت طرقي (بيتومين - بودرة فلزية كلسية ) - بحص عالي الجودة وزنه الحجمي مرتصاً  $1650 \text{ kg/m}^3$  ووزنه النوعي  $2650 \text{ kg/m}^3$  والرمل المستخدم هو الرمل الكوارتزي ذو الوزن الحجمي المرتص  $1710 \text{ kg/m}^3$  وبالتجربة فإن نسبة البيتومين إلى البودرة 0.87.

**مسألة 110:**

ما هي كمية البودرة الفلزية اللازمة لتحضير خلطة من البيتون الإسفلتي لتحضير غطاء طرقي خشن يؤمن احتكاكاً كبيراً مع عجلات السيارات إذا علمت أن النسبة بين البيتومين

والبودرة يجب أن تكون 0.85، علماً أن الوزن الحجمي للبحص المستخدم مرصوفاً  $\gamma_{OG} = 1610 \text{ kg/m}^3$  وهو ذو فراغات بنسبة 42%، والرمل المستخدم بوزن حجمي في الحالة المرصوفة  $\gamma_{OS} = 1740 \text{ kg/m}^3$ .

#### مسألة 111:

المطلوب: احسب بشكل تقريبي سماكة طبقة البيتومين التي تغلف حبات البحص والرمل في خلطتين من البيتومين الإسفلتسي: الأولى تحتوي على كمية بيتومين تساوي 6.5% والثانية 7.5% والسطح النوعي للمواد الفلزية (رمل + بودرة) في الخلطة الأولى  $S_{N1} = 15.5 \text{ m}^2/\text{kg}$  وللمواد الفلزية (رمل وبودرة) في الخلطة الثانية  $S_{N2} = 115 \text{ m}^2/\text{kg}$  (ويمكن تفسير الفرق بين قيمتي السطح النوعي للرمل والبودرة معاً في الخلطتين بسبب كمية البودرة المختلفة حيث أنها ليست متساوية في الخلطتين). وللحل يمكن اعتماد كثافة البيتومين  $\gamma = 1 \text{ gr/cm}^3$ .

#### مسألة 112:

احسب نسب البوليمر إلى البودرة الفلزية إلى الرمل وذلك في مونة بوليميرية إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل المستخدم  $1480 \text{ kg/m}^3$  والوزن النوعي له  $2.65 \text{ gr/cm}^3$  والوزن النوعي للمالي (البودرة)  $2.55 \text{ gr/cm}^3$  والنسبة للرابط البوليميري (بوليمر: مالي) هي 0.45، ومعامل الحركة للمونة  $K_R = 0.4$ .

#### مسألة 113:

احسب مصروف البوليمر اللازم لتحضير  $1 \text{ m}^3$  من المونة البوليميرية بوزن حجمي  $2100 \text{ kg/m}^3$  إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل المستخدم  $1450 \text{ kg/m}^3$  ونسبة الفراغات فيه 44% والوزن النوعي للمالي (البودرة)  $2.68 \text{ gr/cm}^3$  ونسبة المالي إلى الرابط البوليميري وزناً 2.2 ومعامل الحركة للمونة البوليميرية  $K_R = 0.5$ .

#### مسألة 114:

ما هي المساحة التي يمكن طلاؤها بكمية 5 kg من الدهان ذي الكثافة العادية شائعة



الاستخدام والمخضر بواقع مرتين مختلفتين الأولى على أساس السبيداج من التيتانيوم والثانية على أساس السبيداج من الزنك، إذا علمت أن المد للدهان الأول وسطياً هو  $t_G = 45 \text{ gr/cm}^2$  والمد للدهان الثاني هو  $t_G = 110 \text{ gr/cm}^2$  ويحتوي الدهان الأول على زيت الجفوف OL بنسبة 55% والدهان الثاني على 35% من نفس الزيت.

#### مسألة 115:

ما هي كمية البودرة الحديدية (ما يسمى بالكحل عند عمال الدهان) المستخدمة بدلاً عن الاسبيداج وما هي كمية زيت الجفوف اللازمة لطلاء مساحة مقدارها  $550 \text{ m}^2$ ، إذا علمت أن المد لهذا السبيداج  $t_G = 15 \text{ gr/cm}^2$  ونسبة الزيت OL في هذا الدهان 40%.

#### مسألة 116:

كما ورد في المسائل المحلولة عن البوليمرات فإن بعض المواد التي تضاف إلى البوليمر السائل لخلق رغوة بوليمرية لتخفيف الوزن الحجمي له، وعند تحديد هذه الخاصية (ظهور الرغوة) وذلك في كأسين معدنيين بقطر  $150 \text{ mm}$  تم صب كمية  $280 \text{ gr}$  من البوليمر مع الإضافة التي تظهر الرغوة وتشكلها حيث كان الوزن النوعي (الكثافة) للمركب في الكأس الأول  $1.14 \text{ gr/cm}^3$ ، وفي الكأس الثاني  $1.2 \text{ gr/cm}^3$ . وبعد ظهور الرغوة تبين أن ارتفاع المركب (الرغوة البلاستيكية) في الكأس الأول  $21 \text{ cm}$  وفي الكأس الثاني  $27 \text{ cm}$ . احسب كيف ستم عملية ظهور الرغوة عددياً، أي قيمة المعامل K المساوي النسبة  $\frac{V_{\Pi}}{V_{PL}}$  في الكأس الأول للمركب البوليمري الأول وكذلك في الكأس الثاني للمركب الثاني.

مسألة 117: بعد حل المسألة رقم 116 وإيجاد قيمة معامل التقسيم K الذي يميز وجود الإضافات التي تتسبب بظهور الرغوة في المركب البوليمري واستناداً لقيم K التي حصلت عليها من المسألة السابقة، احسب مصروف البوليمر للحصول على 100 قطعة (بلاطة) لاستخدامات التدفئة والعزل إذا كانت قياسات البلاطة  $5 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 100$ .



## الأجوبة

- 1 - 3.3 m.
- 2 - 5 صرامع.
- 3 - 107.8 t.
- 4 - 179 m.
- 5 - يومان.
- 6 - 1219 kg.
- 7 - نقص بمقدار  $2.3 \text{ m}^3$ .
- 8 - عند رطوبة 2% تصبح  $\gamma_0 = 1275 \text{ kg/m}^3$  وعند رطوبة 20% تصبح  $\gamma_0 = 1895 \text{ kg/m}^3$ .
- 9 -  $2.66 \text{ gr/cm}^3$ .
- 10 - 105.4 gr.
- 11 - 24.8 KN.
- 12 - 66.7%.
- 13 - حجم الفراغات = 48% ولا يتغير الحجم تبعاً لقطر الكرات.
- 14 -  $42.3 \text{ m}^3$ .
- 15 -  $1550 \text{ kg/m}^3$ .
- 16 - 953.5;  $1077.6 \text{ kg/m}^3$ .
- 17 - 11.7 kg غضار، 19.5 kg الفلدسبار، 19.5 kg كوارتز، 27.3 kg كارلين، 22 kg الماء.
- 18 - الغضار 14.3 kg، الكاولين 32.5 kg، الكوارتز 19.6 kg، الفلدسبار 19.7 kg، الماء 13.9 kg.
- 19 - الرطوبة 11.25%، والمسامية المفتوحة 19.3%، والمسامية المغلقة 16.2%.
- 20 - وزنها في الحالة الأولى 20 kg، وفي حالة الإشباع التام 36.7 kg.
- 21 - كمية الماء المتسربة على الترابي للبيتون المصبوب بالمكان  $207 \text{ m}^3$ ، وللمسبك الصب  $62 \text{ m}^3$ ، وللبيتون الإسفلتي  $52 \text{ m}^3$ .
- 22 - نعم: القسطل يحقق.

- 23 - لا: لا يتحمل عمود الأجر.
- 24 - لوزن حجمي  $600\text{kg/m}^3$  كمية البخار تساوي  $262\text{gr}$ ، ولوزن حجمي للبيتون الغازي  $700\text{kg/m}^3$  كمية البخار تساوي  $232\text{gr}$ ، ولوزن حجمي للبيتون الغازي الثالث والرابع  $800\text{kg/m}^3$  كمية البخار التي تمر تساوي  $210\text{gr}$ .
- 25 - لوزن حجمي 600 سماكة الجدار  $0.437\text{ m}$ ، ولوزن حجمي 700 سماكة الجدار  $0.387\text{ m}$  ولوزن حجمي 800 سماكة الجدار  $0.349\text{ m}$ .
- 26 - معامل تمرير البخار (فترة البخار) يساوي غ/(م.سا.باسكال)  $4.8 \times 10^{-4}\text{ gr/(M.h.Pa)}$ .
- 27 -  $1.21$ ،  $0.83$ ،  $0.45$ ،  $0.3$  حرارة/م.درجة.
- 28 - الحل: تزداد سرعة انتشار الحرارة في البيتون الثقيل عنها في البيتون الخفيف بمقدار 1.6 مرة.
- 29 - الجواب: سرعة انتشار الحرارة (التمرير الحراري)  $0.00414\text{ m}^2/\text{h}$ .
- 30 - الأجوبة: من الزجاج العادي الاستطالة النسبية  $0.076\%$ ، من الزجاج الكوارتزي  $0.004\%$ ، ومن الفولاذ  $0.094\%$ ، ومن الألمنيوم  $0.19\%$ .
- 31 - حد المقاومة على الضغط لعينات البيتون  $36.8\text{ MPa}$  وللحجر الطبيعي  $99.4\text{ MPa}$ .
- 32 -  $12\text{ MPa}$  - انظر الجدول رقم 4 للانعطاف.
- 33 - مرحلة التحميل  $100\text{ t}$ .
- 34 - لا: لا يمكن.
- 35 - لعينات المونة  $10\text{ t}$ ، ولعينات البيتون  $50\text{ t}$  ولعينات أنصاف المواشير  $25\text{ t}$ .
- 36 -  $3.6\text{ KN}$ .
- 37 -  $25.8\text{ KN}$ .
- 38 - حد المقاومة على الشد  $(\text{MPa})$   $87.15$ ،  $93.8$ ،  $85.05$ .
- 39 -  $6.67\text{ MPa}$ .
- 40 - يتضاعف الارتفاع خمس مرات.
- 41 - معامل التبثر للمعمل الأول  $9\%$ ، وللمعمل الثاني  $20\%$ ، وللمعمل الثالث  $15\%$ .
- 42 - معامل التبثر للمجموعة الأولى  $9\%$  وللمجموعة الثانية  $5\%$ ، واقتصاد الإسمنت  $7.5\text{t}$ .
- 43 - للأول نقص الارتفاع بمقدار  $0.6\text{ mm}$ ، ولالثاني نقص الارتفاع بمقدار  $0.3\text{ mm}$ .
- 44 -  $1.2\text{ gr/cm}^2$ ، والارتفاع نقص بمقدار  $0.6\text{ cm}$ .

- 45 - عينات بمحصولات الحجر الكلسي 80mkm، وحصولات آجر غضارية 224 mkm، وبمحصولات بازلتية 128 mkm، وبمحصولات كوارتزيتية 112 mkm.
- 46 - 3.9 mm.
- 47 - 42.4 KN.
- 48 - الجواب 9 mm، 15 mm.
- 51 - عند  $E_b = 0.75 \cdot 10^4 \text{ MPa}^{-1} \Leftarrow \gamma_O = 1370$
- عند  $E_b = 0.81 \cdot 10^4 \text{ MPa} \Leftarrow \gamma_O = 1580 \text{ kg/m}^3$
- وعند  $E_b = 0.92 \cdot 10^4 \text{ MPa} \Leftarrow \gamma_O = 1700 \text{ kg/m}^3$
- 52 - سهم الانحناء = 0.08 mm.
- 53 - للفولاذ من الصنف A-IV الضياع للطريقة الأولى 34 وللطريقة الثانية: الكهروحرارية 16.2 MPa، وللفلوآز صنف A-V للطريقة الأولى للشد الميكانيكي 52 وللطريقة الثانية: الكهروحراري 21.6 MPa.
- 54 - 0.4 MPa.
- 55 - الماركة 300 ومعامل التطرية 0.8 ونسبة امتصاص الماء 7.6% ولا يمكن استخدامه في المنشآت المائية.
- 56 - الغرانيت .
- 57 - 115.3 t.
- 58 - الكالسيت 60% - الكاولينيت 16% - الكوارتز 24%.
- 59 - غضار كلسي - مارل غضاري - كلس غضاري.
- 60 - 172.2 t.
- 61 - العدد هو 187263 قرميدة.
- 62 - السماكة للأول 0.74 وللثاني 0.67 وللنوع الثالث 0.56m.
- 63 - الكتلة للسماكة الأولى للحدار 2.9 وللثانية 2.4 وللثالثة 1.96 kg.
- 64 - الوزن الحجمي المنتظر  $1189 \text{ kg/m}^3$  .
- 65 - الكمية المطلوبة 11.2 t.
- 66 - الكمية الزائدة من الصنف الأول عن الكمية الناتجة من الصنف الرابع تساوي 211 kg.

- 67 - إن أكبر كمية من Ca يمكن أن تنتج هي: من النوع الثاني 59%، من النوع الأول 55.9%، ومن النوع الثالث 55.3% والنشاط الكلصي للنوع الأول 92.4%، وللنوع الثاني 84.1%، وللنوع الثالث 94.7%.
- 68 - كمية الحرارة المنتشرة 147.9 Mj (ميغا جول).
- 69 - كمية الكلس اللازمة 22.6 kg.
- 70 - كمية الفحم الحجري اللازمة للكرينة والحصول على الكلس هي 69 kg.
- 71 - المسامية لجص البناء كمنتوجات متصلبة 36% ومنتوجات جص البناء عالي المتانة 17%.
- 72 - المسامية للإسمنت البورتلاندي بعمر 28 يوما هي 30% وبعمر 180 يوما هي 24% وللحجر الإسمنتي المخضر من الإسمنت البوزولانسي المسامية 42% و 39%.
- 73 - 7.2 kg من الإسمنت و 2.8 kg من الماء.
- 74 - الوزن الحجمي للعجينة الجصية 1.51 kg/L.
- 75 - نعم يمكن اعتبار هذا الإسمنت مقاوما للكبريتات.
- 76 - نعم يحقق هذا الكلينكر شرط التركيب للإسمنت سريع التصلب.
- 77 - الحجر الكلصي 8.6 ضعف الغضار أي 1 غضار: 8.6 حجر كلصي.
- 78 - نسبة الكلس الحر تشكل 16% من كتلة الإسمنت.
- 79 - الكمية الواجب إضافتها من السيليس الفعال تساوي 1.48 t.
- 80 - انتشار الحرارة يكون بـ 1.22 مرة أكبر.
- 81 - معامل الخشونة (النعومة) للرمل رقم 1 = 2.73، والرمل رقم 2 = 1.69، والرمل رقم 3 = 3.13. السطح النوعي للرمل رقم 1 = 6.92، والرمل رقم 2 = 10.94، والرمل رقم 3 = 5.07 m<sup>2</sup>/kg. نسبة الفراغات للرمل رقم 1 تساوي = 41.9، والرمل رقم 2 = 43، والرمل رقم 3 = نسبة الفراغات تساوي = 43.4%.
- 82 - الرمل رقم 2 مع الرمل رقم 3 بنسبة 37% من الرمل 2 إلى 63% من الرمل رقم 3، والرمل رقم 1 مع الرمل رقم 2 بنسبة 67.1% من الأول و 23.9% من الثاني.
- 83 - للرمل رقم 1 معامل الفعالية = 0.184 لتر للرمل رقم 2 = 0.334 لتر والرمل رقم 3 معامل الفعالية = 0.274 لتر.
- 84 - الإسمنت C = 269، والماء W = 180، والرمل S = 677، والبصص (الزلط)

$$G = 1242 \text{ (kg/m}^3\text{)}.$$

85 - الإسمنت  $C = 285$ ، والماء  $W = 190$ ، والرمل  $S = 651$ ، والبص (الزلط)  $G = 1194$   $\text{(kg/m}^3\text{)}.$

86 - الإسمنت  $C = 222$ ، والماء  $W = 149$ ، والرمل  $S = 528$ ، والبص  $G = 941 \text{ (kg/m}^3\text{)}.$

87 - الإسمنت  $C = 269$ ، والماء  $W = 180$ ، والرمل  $S = 677$ ، والبص  $G = 1242$  والإضافة خبث الأفران  $= 131 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ . وفي حال عدم استخدام هذه الإضافة فإن الزيادة في مصروف الإسمنت تشكل  $39.6 \text{ kg/m}^3$ .

$$G = 251.3 \text{ t}, S = 128 \text{ t}, W = 16.8 \text{ t}, C = 53.25 \text{ t} \quad 88$$

$$P = 9.2\% \text{ والمسامية } \gamma_{Ob} = 2288 \text{ kg/m}^3, \gamma_b = 2520 \text{ kg/m}^3 \quad 89$$

90 - إن الاقتصاد في الإسمنت نتيجة استبدال الإسمنت ماركة 400 بإسمنت ماركة 500 هو بكمية  $63 \text{ kg}$ . والاقتصاد في الإسمنت نتيجة تحسين الرمل وانخفاض شراثة للماء من  $9\%$  إلى  $6\%$  يشكل كمية  $29 \text{ kg}$ . والاقتصاد في الإسمنت نتيجة استبدال البص من  $20 \text{ mm}$  إلى  $40 \text{ mm}$  هو بكمية  $29 \text{ kg}$ . والاقتصاد في الإسمنت نتيجة استخدام السوبر ملدن يشكل  $84 \text{ kg}$ .

91 - عند هبوط للمخروط  $12 \text{ cm}$  الاقتصاد في الإسمنت  $45.6 \text{ kg}$ ، وعند هبوط  $5 \text{ cm}$  الاقتصاد في الإسمنت  $28 \text{ kg}$ ، وعند قساوة  $30 \text{ sec}$  الاقتصاد في الإسمنت  $17.5 \text{ kg}$ .

92 - الماركة الجزئية نتيجة المعالجة بالحرارة والرطوبة هي  $250$  وهي بالنسبة المثوية  $60\%$  تقريبا من الماركة الأصلية.

93 - الجواب: التركيب (إسمنت - كلس - رمل)  $(1, 0.64, 6.3)$  والماء  $W = 172 \text{ kg/m}^3$

94 - الكمية المطلوبة من الكلس هي  $17 \text{ t}$ .

95 - مصروف العجينة الكلسية  $17.5 \text{ m}^3$  ومصروف الرمل  $61.5 \text{ m}^3$ .

96 - عند رطوبة  $68\%$  يكون الوزن الحجمي  $963.6 \text{ kg/m}^3$ ، وعند رطوبة  $72\%$  يكون الوزن الحجمي  $986.5 \text{ kg/m}^3$  وعند المساء تكون الرطوبة  $66\%$  ويكون الوزن الحجمي الوسطي  $952.1 \text{ kg/m}^3$ .

97 - الجواب:  $1) 727.3; 2) 511; 3) 497 \text{ kg/m}^3$ .

98 - الجواب: نعم.

- 99 - الجواب: التقلص (الانكماش) = 3.83%، عرض اللوح عند رطوبة 12% = 86.5 mm.
- 100 - نعم ستظهر الشقوق (الفواصل) وقيمتها تصل حتى 2.2 mm.
- 101 - الجواب:  $105 \times 41 \times 2344$  mm.
- 102 - الجواب: الحجم الجديد للخشب بالرطوبة العالية  $54.2 \text{ m}^3$ .
- 103 - الجواب: 147 kg - انظر المسألة المحولة رقم 164.
- 104 - وزنه لوح خشب البلوط 3 kg.
- 105 - الجواب: للصنوبريات 53.9 MPa وللأشجار الوارقة (الشربين) 39.2 MPa.
- 106 - لا. لم تتحمل العوارض. ويجب تخفيض الحمولة بمقدار 16.6 kg.
- 107 - الجواب: 48 MPa.
- 108 - A-IV = 63.6 mm ، A-III = 68.4 mm ، A-II = 71.4 mm ، A-I = 75 mm ، A-VI = 63.6 mm.
- 109 - تركيب خلطة البتون الإسفلتي: G = 65.41% بحص، S = 25.8% رمل، بودرة فلزية كلسية 4.7%، ويتومين طرقي 4.1%.
- 110 - الجواب: البودرة 4.9%.
- 111 - سماكة طبقة البيتومين تساوي  $4.5 \times 10^{-3} \text{ mm}$  للخلطة الأولى والسماكة للخلطة الثانية  $7 \times 10^{-4} \text{ mm}$ .
- 112 - النسب للمونة البولييمرية هي: بوليمر - مائي - رمل وعلى التوالي: 1 - 2.22 - 4.47.
- 113 - مصروف البوليمر لكل  $1 \text{ m}^3$  مونة بولييمرية يساوي 290 kg.
- 114 - الجواب: للمساحة للدهان الأول  $50 \text{ m}^2$ ، والمساحة التي يغطيها الدهان الثاني بكمية 5 kg هي  $29.5 \text{ m}^2$ .
- 115 - كمية بودرة الحديد (الكحل) اللازمة 8.25 kg، وكمية الزيت المطلوبة OL تساوي 5.5 kg.
- 116 - ظهور الرغوة وتمثيله عددياً كنسبة أية قيمة K في الكأس الأول 15.2 وفي الكأس الثاني 20.5.
- 117 - مصروف البوليمر لقيمة K الأولى  $PL_1 = 1.89 \text{ t}$ ، ومصروف البوليمر لقيمة K الثانية  $PL_2 = 1.45 \text{ t}$ .



## المراجع

المراجع 1:

DVORKIN

Straitlin Materiali I Detali - Praktikum

KIEV-GLAVNO IZDATELSTVO

Izdatelskovo Obidineni-Vishaia Shkola 1988

المراجع 2:

SHEIKIN. A. E مواد البناء

MOSCOW-Stroiizdat-1978

المراجع 3:

SKRAMTAEV-BURVO-BANFILOV-SHUBINKIN

Premeri Bo Straetelnim Materialam

Izdatelstvo VISHAIA SHKOLA-MOSCOW 1970

المراجع 4:

الدكتور محمد راتب سطس والدكتور أندراوس سعود

مواد البناء واختباراتها — الطبعة التاسعة — منشورات جامعة دمشق

المراجع 5:

GORTSHKOV + BAGENOV

Straitlni. Materiali

MOSCOW STOIIZDAT 1986

المراجع 6:

DVORKIN

Straitlni Materiali dla Ener Gititschicki

Sarugenie MOSCOW Energo Atomizdat 1989

المراجع 7:

LASHTIN + LIONTEVA  
Materialavedeni, Mashinostro  
MOSCOW 1990

المراجع 8:

RASISKAIA ACADEMI ARKITIKTURA  
i Straitelni Nauc  
MOSCOW 1999 2- VIPUSK

المراجع 9:

DRESDNER BRUCK ENBAUSYMPIOSIUM  
11. Marz 1999  
Technische Unive Rsitat DRESDEN  
© 2000





Bibliotheca Alexandrina



0647568

السعر : 6 دولارات أمريكية أو مايعادلها